

الالف
كتاب
الشاقف



الهيئة المصرية
العامة للكتاب

جيمس نيومان
ميتشيل ويلسون
رجال عاشوا للعلم



ترجمة: أحمد شكرى سالم
مراجعة: محمد مرسى أحمد

الأعمال
المختارة

James Neuman
Michel Wilson

Lives in Science

جيمس نيومان
ميتشيل ويلسون
وآخرون

رجال عاشوا للعلم

ترجمة
أحمد شكرى سالم
مراجعة
محمد مرسى أحمد



المكتبة العامة للكتاب

١٩٩٩

مشروع الألف كتاب الثاني نافذة على الثقافة العالمية

د. سمير سرحان المشرف العام

أحمد صليحة	رئيس التحرير
عزت عبد العزيز	مدير التحرير
محسنة عطية	المشرف الفني

سكرتارية التحرير والشؤون الفنية

هالة محمد

هند فاروق

هند أنور

إعداد الفهارس والكشافات

أمال زكري

التصحيح

محمد حسن

يظهر شافي

الفهرس

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٧

القسم الاول

نظام العالم العظيم

جاليليو	١٧
اصحاق نيوطن	٣٩
روبرت هوك	٤٩
لابلاس	٦٥

القسم الثاني

النظام الجديد للعالم

وليام رومان هاملتون	٨٣
ج . ف . فيتزجيرالد	٩٩

القسم الثالث

ما النار ؟

بريستلي	١١١
لافوازييه	١٢٢

القسم الرابع

المغناطيسية والكهرباء

بنيامين فرانكلين	١٣٧
ميخائيل فاراداي	١٥٧

١٧٢	جوزيف هنرى
١٨٩	جيمس كلارك ماكسويل

القسم الخامس

دراسة الحياة

١٢٥	ويليام هارفى
٢٢٨	تشارلز داروين
٢٦٤	بالفلوف

القسم السادس

ثلاثة من الرياضيين

٢٧٩	تشارلز بابيج
٢٩١	لويس كارول
٣٠٩	سرينيفاسا رامانوجان
٣٢٢	تعريف بالمؤلفين

مقدمة

يتناول هذا الكتاب حياة ثمانية عشر رجلا سيقابل القارئ من بينهم ماردين أصيلين أو ثلاثة ، بطلا أو بطلين ، قديسا وماكرا ، رجلا يختلطون بالناس وآخرين يميلون الى العزلة القاسية ، وسيقابل ، أخيرا ، مجموعة من الحكماء وغريبي الأطوار . وما جمع كل هؤلاء في باقة واحدة ، الا أن كلا منهم صرف حياته في العلم . وهم في الواقع مازالوا أحياء بيننا يملأون الدنيا من حولنا حياة وضجيجا . ان وجودهم يتجسد في النظام الصناعي الذي يحيط بنا ، وتلعب أفكارهم دورها داخل أدمغتنا ونحن نصور لأنفسنا ذلك العالم الذي نحيا فيه وموضعنا منه . وما زال هؤلاء الناس يعبرون العالم بقدر ما غيروا ظروف الانسان وآراءه خلال القرون الأربعة التي استغرقتها حياتهم .

ومن المقطوع به أن الكتاب قد عرض عينات من حياة العلماء الذين دخلوا تاريخ العلم في تلك الفترة . وكان الانتقاء عارضا لحد ما . والواقع أن فصول هذا الكتاب كتبت في الأصل لتكون مقالات في الأعداد الشهرية من مجلة « الأمريكى العالم » ، ولكنها جمعت في هذا الكتاب فتداخلت وتكاملت وصارت تغطى عددا من التطورات الجوهرية في العلم .

ومما يؤسف له أن تاريخ العلم جانب مهمل من جوانب التاريخ . ولا شك أن التفسير يكمن فى تلك الجدران الأكاديمية القاسية التى تفضل بين الانسان العادى والعلوم . وليس ثمة داع لمناقشة أثر العلم على الحياة اليومية ، فهذا أمر واضح ، ولا يقل عنه وضوحا أن معرفة تاريخ العلوم تلقى ضوءا هاما على شئون الماضى المتعلقة بالسياسة والاقتصاد والثقافة والحرب . ويعكس هذا الكتاب فائدة أخرى لدراسة تاريخ العلم ، هى القاء الضوء على فهمنا للعلم ذاته .

ويدلنا هذا الأسلوب التاريخى فى الدراسة ، بادئ ذى بدء ، أن العلم انما هو جماع المعارف التى تراكمت من هنا ومن هناك . ان الملاحظة ، وتجميع المواد ، وعملية البحث عن الحقيقة - تلك العملية التى توصف بأنها علمية - تبدو فى الواقع جزءا من فكرة أكبر تعتمل فى ذهن العالم . انه يود أن يحيل معارفه الى معان واضحة مفهومة ، وهو يسأل نفسه السؤال تلو السؤال هادفا لوضع صورة لخبراته تتميز بالترابط والتماسك المنطقى . ولا تؤدى هذه الأسئلة فحسب الى معارف جديدة ، ولكنها تؤدى كذلك الى بروز أسئلة جديدة تزيد من آفاق الخبرة الإنسانية .

وتختلف هذه الصورة اختلافا كبيرا عن الصورة الشائعة التى تصور العالم كحفار ينقب عن الحقائق الجافة

فى منجم اليقين • انها تصور العالم أقرب ما يكون الى
الفنان ، وبكلمات جورج برنارد شو : « ... ان عمل
الفنان أن يكشف لنا عن حقيقة أنفسنا • وما عقولنا الا
معارفنا هذه عن أنفسنا ، وكل من يضيف الى هذه المعارف
انما يخلق عقلا جديدا بقدر ما تخلق المرأة جيلا جديدا من
الرجال » •

والحقيقة ، أن كل اضافة الى ذهن الانسان ، فى ميدان
العلم ، لا بد وأن تأتي كاتساع فى حدود المعرفة ، لا كوميضة
تلمع فى الظلام خارج هذه الحدود • وكل مارد من مرده
العلم يرتفع دائما على أكتاف مارد آخر سبقه • ويذكر لنا
الفصل الأول قصة المارد جاليليو الذى قدم فكرة القصور لكى
يربط الميكانيكا السماوية التى وضعها كبلر بخبرتنا
الأرضية حول الأجسام الساقطة • وكان كبلر قد بنى نظامه
على فروض كوبرنيكوس ، وجاءت أعمال جاليليو ، بدورها ،
فوضعت الأساس لتحاليل نيوتن الكلاسيكية فى علم
الميكانيكا •

ويعكس هذا الكتاب بكل جلاء صفة الاتصال فى تطور
العلم ، عندما يعرض وصول أكثر من عالم الى نفس الكشف
فى وقت واحد • نحن نرى كيف ارتبك نيوتن عندما وجد
أن هوك قد توصل الى فكرة الجاذبية بشكل مستقل ، كما
نذكر الخلاف الذى دب بين نيوتن وليبنتر حول أسبقية كل
منهما فى كشف حساب التفاضل والتكامل • ويرجع الفضل
الى كل من لافوازييه وبريستلى فى فصل غاز الأكسجين •
وكشف هنرى وفاراداي ، فى نفس الوقت ، عن الأثر

المغناطيسى للتيار الكهربى • وكاد والاس يسبق دارون فى نشر نظرية الانتقاء الطبيعى • وليس فى ميسورنا أن نرجع ذلك الى مجرد الصدفة ، فهو شئ كثير الحدوث • ويمكن تفسير هذه الظاهرة فى الوحدة التى يتصف بها العلم ، تلك الوحدة التى تتخطى كل الاتجاهات التى تميل الى تقسيم العلم الى ميادين متباينة للمعرفة • ولا ينتظر من العلماء الذين يقتربون من المجهول ، وكلهم على أرض واحدة من المعرفة ، ونفس الدوافع تحرك كلا منهم ، الا أن يوجهوا الى أنفسهم نفس الأسئلة •

يعالج القسم الأول من هذا الكتاب ما نعتيه حقا عندما نقول : « ان الشمس قد بزغت » أو ان « التفاحة تسقط من الشجرة » • ان دوران الأرض حول محورها ، وقوة الجاذبية تبدو اليوم معلومات عادية لا تستدعى من المرء كثيرا من الالتفات فى حياته اليومية • غير أنه من المفيد أن نتذكر أن القول بوجود قوانين فيزيائية عامة تنطبق فى السماء وعلى الأرض كان هرطقة فى وقت من الأوقات • لقد أدى النجاح الذى أحرزه علم الفيزياء الى تغيير عميق فى الراى العام الذى يسود المدنية الأوروبية •

وبينما حركة التنوير تحرز نصرا بعد نصر ، كان من الواضح أن حساب التفاضل والتكامل يمكن أن يحيط بكافة المعارف الممكنة • غير أن لابلاس واجه قارئاً شاباً ناقدا مدققا ، حتى قبل أن ينشر الجزء الأخير من كتابه « حركة الأجرام السماوية » • كان وليام رومان هاملتون عندئذ فى السادسة عشرة من عمره ، وبالرغم من أن أفكار لابلاس

قد بهرته ، الا أنه فطن الى الصعوبات التي واجهت لابلاس وكيف قفز فوقها أو أخفاها . حقا ان هاملتون لم ينجح في اقامة ميكانيكا جديدة للأجرام السماوية ، غير أنه كشف جبرا جديدا غريبا لا تتساوى فيه a مع b . ويستخدم هذا الجبر غير التبادلي الآن في وصف أحداث في علم الفيزياء لا يحلم علم التفاضل والتكامل أن يعالجها .

وكان جورج فرانسيس فيتزجيرالد وجهها جديدا أصيلا لم تقدر قيمته الحقيقية الا في القرن العشرين . كان هو الذي قدم الفكرة الغريبة القائلة بأن العصا قد تنكمش والساعة قد تبطئ ، وذلك حتى تتحقق معادلات الحركة . واليوم يدرك كل منا سلامة هذه الفكرة ، ذلك أننا نعلم أن المعادلة التالية تسود العالم من حولنا : الطاقة = الكتلة \times مربع سرعة الضوء ، كما نعلم أن الجسيمات ذات العمر القصير تعيش فترة أطول عندما تصبح سرعتها قريبة من سرعة الضوء .

وكان كشف بريستلي ولافوازييه في نفس الوقت لغاز الأكسجين أكثر من مجرد صدفة ، انه تعبير واضح عن أهمية النظرية في تفهم الظواهر المشاهدة . لقد أجرى كل من الرجلين تجارب عبقرية أدت الى فصل عوامل ونواتج الاحتراق الأساسية . أما بريستلي ، الرجل البعيد عن السياسة ، فقد كان محافظا متعنتا في العلم ، وكان راضيا على نظرية الفلوجستون القديمة ونجح في « انقاذها » عندما قام بتحليل نتائجه . وأما لافوازييه فقد بدأ بفرض مختلف تماما عن طبيعة الاحتراق ، ومن ثم فانه تعرف على

غاز الأكسجين كعنصر ، وغاز ثانى أكسيد الكربون كمركب .
وكان تفسيره للنار ايذانا بيد عهد جديد تلعب فيه وسائل
الفيزياء دورا كبيرا فى حل مشاكل علم الكيمياء .

ومن العجيب أن التاريخ يكشف لنا أن الانسان يدا
يتفهم انكهرية قبل ان يصحح مفهوماته الخاطئة عن النار .
غير أن بنيامين فرانكلين لم يكن مجربا جريئا فحسب ، بل
كان كذلك بارعا فى النظريات . ان الرجل الذى « خطف
البرق من السماء وانتزع الصولجان من يد الطاغية » فعل
أكثر من مجرد توضيح أن البرق لا يختلف عن الشرارة التى
يستحدثها الانسان . ومازالت آراؤه الخاصة « بالسيال »
الكهربى الواحد أو اتجاه سريان الكهرباء أو عدم فناء
الشحنة ، مازالت متضمنة فى النظريات الكهرية حتى
اليوم .

ولقد حاول الدكتور فرانكلين ، الحاكم ، أن يجعل بأقلمة
العلم حتى يكون ذا فائدة مباشرة لمواطنيه الأمريكيين . وبعد
جيلين لاحظ توكيفيل أن هذه الأمة الجديدة « لا تتطلب من
العلم أكثر من أن يلعب دوره التطبيقى فى الفنون المفيدة ،
وأن يجعل الحياة أكثر أمنا وراحة » وتكشف قصة جوزيف
هنرى بشكل قاس عن دقة الملاحظة ، ذلك أن واحدا من
مواطنيه لم ير فائدة مباشرة لقضبانه المغنطة أو ملفاته ،
بل ان كشفه لظاهرة التأثير الكهربى عام ١٨٣١ لم ينشر
حتى عام ١٨٣٣ بعد أن أصاب فاراداي قدرا كبيرا من
الشهرة وأعلن عن كشفه لنفس الظاهرة .

وكانت النتيجة المباشرة لنشاط فاراداي وهنرى أن دارت المولدات الأولى على جانبي الأطلنطى . غير أن الفرق بين المعهد الملكى الذى كان يعمل فيه فاراداي وورشة المدرسة التى كان يعمل فيها هنرى ، عبر عن نفسه بوضوح اذ كانت انجلترا أكثر ادراكا للمدلول العميق للتجارب التى قام بها كل من العالمين الكبيرين : أما كلارك ماكسويل فقد كان يبحث عن تعبير رياضى شامل للمصورة التجريبية فى ميدانى الكهربية والمغناطيسية . وربطت معادلاته بشكل غير منتظر بين الظواهر الكهربية المغناطيسية والظواهر الضوئية ، كما أوضحت هذه المعادلات أن طيف الضوء ان هو الا شريط ضيق من الطيف العام للطاقة المشعة . وسرعان ما كشفت التجارب ، التى أدت معادلات ماكسويل الى اجرائها ، عن وجود موجات الراديو غير المرئية . وكذلك وجهت هذه المعادلات القائمين على اجراء التجارب الى احتمال وجود اشعاعات طول موجاتها أقل من طول موجات الضوء . وكان كشف الأشعة السينية وأشعة جاما ايدانا بفتح الطريق أمام علم الفيزياء النووى أو الذرى .

ولعل فى هذا المرض ما يبين لماذا يوضع ماكسويل الى جانب نيوتن فى تاريخ العلم ، ذلك أن ماكسويل وضع نظاما متكاملًا يلقي الضوء والتوجيه على أعمال الأجيال الماضية والتالية من العلماء .

أما هارفى ودارون ويافلوف فهم علماء من طراز آخر . ذلك أن القياسات الدقيقة التى تنطبق فى علم الفيزياء لا تجد لها مجالاً فى عمليات الحياة . والكشف

البيولوجية قد تبدو ، من بعض الجوانب ، أقل أهمية للرجل المثقف من معادلات ماكسويل مثلا . ولكن ، هل هناك مقياس يمكنه أن يزن بدقة عمق الادراك اللازم لمعرفة الدور الذى تقوم به صمامات الأوردة ، أو مدى التخيل اللازم لادراك التحولات التى عانتها الكائنات الحية فى جزر جالاباجوس ، أو أصالة المجرب الذى اتخذ افرازات العصارات المعدنية كدليل على العمليات غير المرئية التى تحدث فى الجهاز العصبى ؟ وإذا كان النجاح الباهر الذى أحرزته الوسائل العلمية فى ميدان علم الفيزياء قد لفت النظر فى السنين الأخيرة ، فإن علوم الحياة قد كشفت عن فوائد مباشرة هامة لغير الانسان . لقد بين هارفى أن قوانين الميكانيكا تطبق فى حركات القلب . ولا يقل دارون عن جاليليو أهمية ، من حيث انتزاعه لفكرة تربع الانسان على مركز الخلق . وفتح بافلوف الطريق أمام البحث المنطقي لسلوك الانسان وشخصيته .

أما أبطال القسم الأخير من هذا الكتاب فقد يبدو أنهم وجوه أقل أهمية من سابقيهم . غير أنه كان من المنتظر أن تلمع شهرة باييج لو أنه ولد متأخرا نصف قرن ، وكذلك رامانوجان لو أنه عاش حتى ينجز ما وضعه نصب عينيه . أما لويس كارول ، الذى خط قلمه أعظم الكتابات باللغة الانجليزية (بعد الانجيل وشاكسبير) فلا شك أنه يحتل مكانا مرموقا فى تاريخ العلم (★) .

(★) تضم هيئة التحرير : جيرارد بيل (الناشر) ، مينيوس فلاناجان (رئيس التحرير) ، لينين شيرسكه (مدير التحرير) ، جيمس ر. نيومان ، ب. روزينباوم ، وليمس پرولباوم (المدير المالى) .

القسم الأول
نظام العالم العظيم

جاليليو

لعل اسم جاليليو أكثر الأسماء شيوعاً في المدونات العلمية ؛ غير أن الآراء تختلف اختلافاً بيناً فيما يتعلق بالأعمال التي قام بها بحيث يصعب على العالم العادى أن يحدد بدقة ما حققه جاليليو . يذكر لنا بعض الكتاب أن جاليليو كان تجريبياً ، وأنه صاحب « المنهج العلمى » لدراسة « الحقائق العامة للطبيعة » ، ويوضحون ذلك بذكر ما نسب إليه من أنه كشف قوانين الأجسام الساقطة عن طريق الملاحظة المتكررة لما يحدث عندما تسقط كرات متباينة الأوزان من قمة برج بيزا المائل . هذا ، بينما يذكر آخرون أن جاليليو لم يتعلم شيئاً من خلال التجارب ، وأنه لم يلجأ الى التجربة الا لكى يتحقق من نتيجة وصل اليها فعلاً عن طريق التدليل الرياضى والاستنتاجات القائمة على فروض أولية . وبينما يضيف كثير من الكتاب على جاليليو لقب « أبو العلم الحديث » ، يقول البعض ان جل ما حققه جاليليو فى ميدان العلم ترجع أصوله الى نهاية العصور الوسطى . وبينما يتفق كثير من المعلقين مع السير دافيد بروستر فى رأيه القائل بأن جاليليو أحد « شهداء العلم » ، يوافق آخرون على رأى أ . ن . هوايتهد القائل بأن العقوبة التي أوقعتها

لجنة التحقيق الرومانية على جاليليو لم تتعد « تحفظا يحيط به التكريم وعتابا هادئا قبل أن يموت بسلام وهدوء على سريرته » *

ماذا يفعل العالم الذى يجابه بهذه الآراء المتناقضة يقدمها كتاب محترمون ، وعليه أن يختار لنفسه رأيا منها ؟ ان هذا المثل يدعونا الى تأكيد الحاجة الى متابعة المنح الدراسية الخاصة بتاريخ العلم ، بل والتوسع فيها . ذلك أن فهم المدلول الحقيقى لما قام به جاليليو فى علمى الفيزياء والفلك ، يتطلب منا أولا وقبل كل شئ معرفة واضحة لمدى اتساع وطبيعة العلم الذى كان سائدا اذ ذاك ، كما يتطلب بعد ذلك معرفة كافية لتاريخ العلوم الفيزيائية منذ ذلك الوقت ، بهذا يمكننا أن نقيم العناصر التى ثبت أثرها الفعال فى تقدم العلم . *

ولعل الصعوبة التى نواجهها فى تفسير أعمال جاليليو ناجمة ، لحد كبير ، من طبيعة فكره وكتاياته . انه كان يحيا فى فترة خصبة تحدد نهاية العصور الوسطى وعصر النهضة وبداية عصر العلم الحديث ؛ ومن ثم فان جاليليو كان شخصية انتقالية ، احدى قدميه فى الماضى ، على حين تمتد الأخرى الى المستقبل . والنتيجة ، أن من الغرور الذى لا حد له أن يدعى المرء الملاءمة بين هذه التناقضات فى التفسيرات المختلفة التى قدمت خلال المائة عام الماضية . غير أن ذلك لا ينفى بروز عدد من الجوانب فى الأعمال التى حققها جاليليو . *

جاليليو

كان جاليليو عالما فيزيائيا وفلكيا ورياضيا . وقدم أول مساهمة هامة له فى علم الفلك عام ١٦٠٤ عندما كان أستاذا فى جامعة بادوا ، ذلك المنصب الذى شغله عام ١٥٩٢ وعمره ثمانية وعشرون عاما . وحدث ذلك عندما بدا فى السماء نجم جديد ، مستعر ، وأثار كثيرا من الاهتمام بين العلماء والطلبة ورجل الشارع فى كل مكان . وألقى جاليليو محاضرة عامة أوضح فيها ، على أساس من المشاهدات الدقيقة ، أن هذا النجم الجديد نجم حقا ، ولا يمكن أن يكون شهابا عابرا فى الغلاف الجوى المحيط بالأرض ، لأنه لم يكشف عن أى أثر للتزييح ، وأنه لا بد وأن يكون نجما ثابتا بعيدا من بين النجوم الثابتة البعيدة عن نطاق نظامنا الشمسى . وتنبا جاليليو بأن هذا النجم سيظل مرئيا لفترة قصيرة ثم يختفى بعد ذلك .

وليس من السهل أن ندرك الآن مدى الجرأة فى قول جاليليو . ذلك أن النظرة العامة التى كانت سائدة اذ ذاك فيما يتعلق بالعالم الخارجى كانت أرسطية فى مجموعها ، وكان الاعتقاد السائد هو أن السماوات تتصف بالكمال وعدم التغير ولا تعانى نموا أو تحللا . ان الأرض فقط ، وهى مركز الكون ، هى القابلة للتغير . وقوانين الفيزياء على الأرض تختلف اختلافا بينا عن قوانين الفيزياء التى تنطبق على الأجرام السماوية .

وكان رأى جاليليو القائل بأن هذه السماوات الكاملة وغير القابلة للتغير قد تعانى من النمو أو من التحلل ، لا بد وأن يصطدم بالأرسطيين . ولعل هؤلاء الأرسطيين ، كما

يقول ج*ج* فاهى ، أحد مؤرخى جاليليو ، قد « تضايقوا من ظهور هذا النجم » بقدر ما « تضايقوا مما فعله جاليليو حين لفت النظر الى هذا النجم بقوة وبشكل علنى » * وعلى أية حال ، فقد كان الهجوم على جاليليو أسهل من الهجوم على النجم ذاته * ولم يتوان جاليليو عن التقاط القفاز ، وانتهز الفرصة لدحض العلم الفيزيائى الأرسطى القديم ، الذى كان يؤمن بعدم صلاحيته ، ومعه النظام البطلميوسى للكون الذى يعتبر الأرض بمثابة المركز فى هذا الكون * .

وكان جاليليو اذ ذاك واحدا من الذين اعتنقوا آراء كوبرنيكوس ، بالرغم من أنه لم يكن قد جرؤ على اعلان ذلك « خوفا من أن ألقى مصير أستاذنا كوبرنيكوس » ، كما كتب فى خطاب منه الى جوهان كبلر * غير أن جاليليو ما كاد ينتهى من دراساته عن هذا النجم الجديد حتى عنت له فرصة رائعة للتيقن من آراء كوبرنيكوس * وكانت هذه الفرصة أهم حدث فى حياة جاليليو كعالم فلكى * كتب يقول :

« منذ عشرة أشهر وصلت الى آسماعنا مهمة تقول ان رجلا هولنديا توصل الى عمل جهاز بصرى يجعل المرئيات تبدو قريبة للانسان ، حتى ولو كانت بعيدة جدا عنه * وسرت أقاويل كثيرة حول الأثر العجيب لهذا الجهاز أكدها البعض ونفاها البعض الآخر * وبعد أيام وصلنى خطاب من الفرنسى النبيل جاكوب بادوفير يؤكد صحة هذه الاشاعة ، الشيء الذى دعانى الى البحث عن النظرية والوسائل التى قد تصل بى الى اختراع جهاز مماثل * ولقد تحقق هذا الهدف

بعد فترة قصيرة ، وعلى أساس من دراسة نظرية انكسار الضوء ، وصنعت ماسورة من الرصاص مثبتت في أحد طرفيها عدسة محدبة ، ومثبتت في الطرف الآخر عدسة مقعرة » .

بهذه الكلمات وصف جاليليو تعارفه على التلسكوب أو المنظار المكبر ، وجاء هذا الوصف في كتابه العظيم « رسول النجوم » الذى نشره فى فينسيا عام ١٦١٠ . وبالرغم من أن عددا من الأشخاص كان يدعى كل منهم أنه صاحب الفضل فى هذا الاختراع ، الا أنه من المقطوع به أن جاليليو كان أول من وجه التلسكوب لمشاهدة الأجرام السماوية . وكانت هذه تجربة فريدة فى تاريخ الانسان ، فقد مرت آلاف السنين والانسان لا يرى السماء الا بعينه المجردة . وما كان لأحد أن يعلم عظمة ما يقع خارج نطاق رؤية العين المجردة . وحيثما وجه جاليليو منظاره المكبر وجد حقائق جديدة تدعو الى الدهشة والعجب .

بدأ جاليليو بدراسة القمر ، واستنتج أن « سطح القمر ليس كامل الملامسة دائريا بالضبط ومتجانسا تماما . وكان الكثير من الفلاسفة يعتقد أن هذه الصفات تنطبق على القمر والأجرام السماوية الأخرى . . . غير أن سطح القمر ، على العكس من ذلك ، ملئ بالفجوات والتنوعات ، تماما مثل سطح الأرض الذى تعتريه هنا ربي عالية وهناك وديان عميقة » . بل ان جاليليو ذهب الى حد تقدير ارتفاع الجبال على سطح القمر ، ووصل الى نتيجة تتفق فى القدر مع النتائج الحديثة . وكان يعتقد أول الأمر أن المساحات الداكنة والمضيئة على سطح القمر انما تعكس الأرض والماء ،

ولكن علينا أن نتذكر هنا أن المبتدئين فى دراسة علم الفلك يعتقدون نفس الاعتقاد عند النظر الى القمر أو الى صورة من صورته ..

وانتقل جاليليو بعد ذلك الى النجوم وكشف فى التو أن هناك فرقاً بين النجوم الثابتة والكواكب أو السيارات . « ان أقراص الكواكب تبدو مستديرة كاملة الاستدارة كما لو كانت مرسومة بانفرجار ، وتبدو وكأنها عديد من الأقمار الصغيرة الكروية المضيئة : غير أن النجوم الثابتة لا تبدو للعين المجردة محدودة بمحيط دائرى [كأنها كذلك فعلاً !] ، ولكنها تبدو وهجا من الضوء يرسل أشعته المتلألئة الى كافة الاتجاهات . وهى تبدو كذلك سواء نظرنا اليها بالعين المجردة أو بالمنظار المكبر . . . » . كما أشار جاليليو الى أن المنظار المكبر مكنه من رؤية « عدد هائل يفوق التصور من النجوم الأخرى التى لا تصل اليها العين المجردة . . » .

وانتقل جاليليو بعد ذلك الى مشاهدة المجرة أو طريق التبانة وتعجب أشد العجب اذ وجده « مجرد عدد لا حصر له من النجوم موزعة فى مجموعات » . وأكثر من ذلك ، لقد وجد أن كافة « السدم » ، التى استعر بخصوصها جدل طويل ، ما هى الا كتل من النجوم .

وختم جاليليو مشاهداته « بموضوع يبدو لى أنه أهم موضوع قمت به ، وهو أننى أعلن للعالم أننى كشفت وشاهدت أربعة كواكب لم يحظ الانسان برؤيتها منذ وجد حتى وقتنا هذا . . » .

فى السابع من يناير عام ١٦١٠ كان جاليليو يشاهد كوكب المشتري عندما لاحظ « وجود ثلاثة نجوم صغيرة ولكنها لامعة جدا وتقع الى جوار الكوكب - وبالرغم من أننى كنت أعتقد أنها من بين النجوم الثابتة ، الا أننى عجبت لها بعض الشيء اذ بدا لى أنها مرتبة فى خط مستقيم يوازى دائرة البروج ، وأنها أكثر لمعانا من بقية النجوم التى تساويها فى القدر ... كان هناك نجمان الى الشرق [شرق المشتري] وواحد الى الغرب ... وفى الثامن من يناير دفعنى القدر الى أن أوجه منظارى الى نفس الرقعة من السماء ، ولاحظت أن الأمور قد تغيرت، فقد رأيت ثلاثة نجوم صغيرة تقع كلها الى غرب المشتري وأقرب الى بعضها من الليلة الماضية وتفصل بين الواحد منها والآخر مسافات متساوية ، كما يبدو من الرسم المصاحب » .

واستمر جاليليو ، ليلة بعد ليلة ، يشاهد هذه المجموعة من « النجوم » ، وأخيرا « قرر دون تردد أن هذه النجوم الثلاثة تدور حول المشتري ، كما تدور الزهرة وعطارد حول الشمس . ولقد أثبتت المشاهدات التالية هذه الحقيقة بشكل واضح وضوح النهار - كما دلت هذه المشاهدات أن هناك أربعة أجرام سماوية ، لا ثلاثة فحسب ، تدور حول المشتري ... » .

ولقد ذكر جاليليو أن كشف الأقمار الأربعة التى تدور حول المشتري ، والتى سماها « كواكب » ، بمثابة حجة رائعة تقضى على العجب الذى يساور هؤلاء الذين يقبلون دوران الكواكب حول الشمس فى النظام الكوبرنيكى ، ولكنهم

ينزعجون لدوران القمر حول الأرض . . . فنحن نقابل الآن لا كوكبا واحدا يدور حول آخر . . . ولكن أربعة توابع تدور حول المشتري ، كما يدور القمر حول الأرض ، فى حين يدور المشتري وتوابعه فى مدار هائل حول الشمس يستغرق اثنتى عشرة سنة » . وتوصل جاليليو كذلك الى كشف هام آخر : هو أن كوكب الزهراء له أطوار تماثل أطوار القمر ، من البدر الكامل الى الهلال الرفيع . وهذه هى كلمات جاليليو : « ان مشاهدة هذه الظواهر العجيبة تؤدى بنا الى أن نصل الى نتيجة حاسمة تتفق مع شواهد الحس لدينا ، فيما يتعلق بموضوعين هامين ناقش المثقفون فيهما طويلا وتوصلوا الى نتائج متباينة . أما الموضوع الأول فهو أن الكواكب أجرام غير مضيئة بذاتها (هذا اذا كان لنا أن نطبق آراءنا عن الزهراء ، على عطارد أيضا) . . . والموضوع الثانى هو أننا مضطرون الى القول بأن الزهراء (وكذلك عطارد) تدور حول الشمس ، شأنها شأن بقية الكواكب . تلك حقيقة كان يؤمن بها الفيثاغوريون وكوبرنيكوس وكبلر ولكنها لم تثبت بشواهد حسية ، ولكنها ثبتت الآن فى حالتى الزهراء وعطارد » .

وكان كشف جاليليو لأطوار الزهراء بمثابة تحد مباشر للنظام البطلميوسى المعترف به . ذلك أن النظام البطلميوسى كان يرى أن الزهراء تتحرك فى تدوير ، أى فى مدار دائرى يظل مركزه دائما بين الأرض والشمس . واذا كان الأمر كذلك ، واذا كانت الزهراء ، كما بين جاليليو ، تلمع نتيجة لانعكاس الضوء من الشمس فمن الممكن أن ترى بعض الأطوار الهلالية للزهراء ، ولكنه يستحيل عندئذ أن ترى

الزهراء كنصف دائرة أو دائرة كاملة أو أى طور بينهما •
غير أن جاليليو شاهد فعلا كافة هذه الأطوار •

أدت كشوف جاليليو الى جعل النظام الكوبرنيكى «نظاما مقبولا من جهة النظر الفلسفية» ، وذلك عندما احتلت الأرض مكانة مماثلة للكواكب الأخرى وللقمر • ولقد بين جاليليو كيف أن الأرض تضىء مثل بقية الكواكب ، بعكس ضوء الشمس ، وذلك عندما لاحظ أن النصف المظلم من القمر التريعى يضىء بشكل خافت نتيجة للضوء المنبعث من الأرض • وإذا كان لنا أن نشاهد الأرض من منظار مكبر موضوع على القمر أو على الزهراء ، لرأينا كيف أن الأرض تبدو فى أطوار مختلفة شأنها فى ذلك شأنهما • ويقول جاليليو فى هذا الصدد : « ان الأرض ، بكل عدل وتقدير ، ترد الجميل الى القمر ، انها تبعث اليه بضوء يكافئ ذلك الضوء الذى تقبله منه خلال الليالى المعتمة » •

أما الشمس فانها تضىء من ذاتها ، وهى لهذا تختلف عن الأرض والقمر وبقية الكواكب • وإذا كان لا بد من وضع جرم بعينه فى مركز الكون فلا بد وأن تتمتع الشمس — لا الأرض — بهذا المركز ! الشمس فى المركز ومن حولها تدور الكواكب ، والمشتري بتوابعه الأربعة يدور كذلك بنفس الطريقة • هذا هو نموذج النظام الشمسى •

ان حياة جاليليو والأعمال التى حققها تكشف عن الوحدة فى الهدف يندر وجودها عند العلماء ، فنشاطه فى مجال الميكانيكا يكمل نشاطه فى ميدان الفلك بحيث يصبح الجميع

كلا متكاملا • ويبدو من كتابات جاليليو أنه كان يتمتع بأحاساس ميكانيكى حق وبقدرة عبقريّة على الاختراع • كان أحد كشوفه الأولى أن البندول ، صغيرا كان أم كبيرا ، يأخذ نفس الوقت فى الذبذبة الواحدة • وسرعان ما استخدم هذا الكشف فى اختراع « جهاز قياس للنفض » يستطيع بواسطته أن يقارن بين معدلات النفض بطريقة تسجيل ميكانيكية • وكان جاليليو شديد الاهتمام بالميكانيكا ، لا لأنها كانت هواية طبيعية لديه فحسب ، ولكن لأنه كان يعتقد أنها علم كونى يمثل الرباط بين الظواهر الأرضية والظواهر السماوية ، وأنه اذا استطاع الوصول الى قوانين الحركة على الأرض ، فسيكون فى ميسوره أن يطبق هذه القوانين على حركة الكواكب والنجوم • كان يطمح فى أن يكشف للناس أن النظام الكوبرنيكى يرى أن الكواكب تتبع فى مسارها فى السماء قوانين منتظمة وبسيطة ، بعكس ما تقول به النظرية القديمة من أن كلا منها يهتدى « بقوة ذكية خاصة به » •

ولا شك أن جاليليو عندما كان يبحث عن علم للميكانيكا ينطبق على الكون بأسره ، على الأرض وفى السماء ، لا شك أنه كان يقف بشدة فى وجه الرأى الذى كان سائدا اذ ذاك ، وهو رأى أرسطو ، الذى فرق بحدّة بين قوانين الحركة على الأرض والقمر وقوانين الحركة فى الكون « السماوى » الذى يلى القمر • ففى عالم ما تحت القمر تحدث « الحركة الطبيعية » فى خط مستقيم • فالتفاحة تسقط من الشجرة الى أسفل لأنها « ثقيلة » ومكانها الطبيعى « الى أسفل » ، ولأجبارها على أن تتحرك فى اتجاه يعاكس طبيعتها ينبغى بذل « حركة

عنيفة » . أما فى عالم ما فوق القمر فالأمر على عكس ذلك ، اذ ان الحركة الطبيعية ، حركة دائرية ، وهى الحركة التى تناسب المادة الكاملة التى تتكون منها هذه الأجرام السماوية .

وعندما كشف جاليليو عن التشابه بين الأرض والقمر والكواكب مشيرا الى أنها لابد وأن تتبع نفس القوانين ، كان فى الحقيقة يجمع بين الظواهر الأرضية والظواهر السماوية فى علم فيزيائى كونى واحد . ويمكننا أن نعتبر الثورة فى التفكير الفيزيائى التى حققها جاليليو على أنها تركيز اهتمام الناس على مشكلتى الحركة والتغير . لقد أثبت أن الشمس ، وهى أكثر الأجرام السماوية « كمالا » ، عرضة للتغير ، اذ تتغير البقع فيها عند النظر اليها بمنظار جاليليو ! وعلى أية حال ، فقد كان جاليليو يرى أن كون الأجسام غير قابلة للتغير أو التحول « لا يضىء عليها عظيم الشرف » ، كما أن الأرض لا تتصف « بالحقارة » لأنها تتغير .

وفيما يلى كلماته : « اننى أرى أن الأرض شئ نبيل جدا ويدعو الى الاعجاب ، وذلك لكثرة التحولات والطفرات والتولدات التى لا تتوقف فيها ؛ كما اننى أرى أنه اذا كانت الأرض لا تعاني هذه التغيرات ، وكانت مجرد كتلة هائلة من الرمال أو من الشب ، ولو أنها استمرت كرة هائلة من البللور لا ينمو فيها شئ أو يتغير أو يتبدل ، لما كان لها فى ناظرى قيمة أو فائدة ولكانت مليئة بالحمول ولا ضرورة لوجودها على الاطلاق . . هل هناك غياب يمكن تصوره أكثر من أن نسمى الجواهر والذهب والفضة أشياء ثمينة ، وأن

نسمى التراب والطين أشياء وضيعة ؟ أفلا يرى هؤلاء الناس أنه اذا كان التراب نادرا ندرة الجواهر والمعادن الثمينة فان أى أمير سيسعد بأن يقدم كومة من الماس وأكياسا من الذهب ، ويأخذ نظير ذلك حفنة من تراب تملأ اناء صغيرا يزرع فيه عودا من الياسمين ويراه ينبت أمام ناظريه وتنشق منه الأوراق الخضراء والورود ذات العبير؟ ان الندرة أو الوفرة ، اذن ، هى التى تجعل العامة يقدرّون هذا الشيء أو يحقرّونه » .

ونحن سنكتفى هنا بأن نتناول ثلاثة جوانب من علم الميكانيكا الذى وضعه جاليليو : قانون الأجسام الساقطة ، قاعدة القصور ، وتحليل وتركيب الحركات المستقلة . ويعتبر قانون الأجسام الساقطة أشهر كشف جاليليو . وتدل البحوث الحديثة على أن أعمال جاليليو المتعلقة بالأجسام الساقطة كانت شيئا أصيلا ومبدعا من حيث استخدام القانون أكثر منها من حيث العبارات التى صاغ بها ذلك القانون . قال أرسطو ان سرعة الجسم الساقط تتوقف على مقاومة الوسط الذى يسقط فيه الجسم ، فقطعة من الحجر مثلا ، سوف تسقط فى الهواء بأسرع مما تسقط فى الماء . وقال كذلك انه اذا سقط جسمان فى وسط مقاوم مثل الهواء فان سرعة كل منهما ستتوقف على وزنه . ولقد عبر كثير من الكتاب ، حتى قبل جاليليو ، عن شكوكهم فى هذه القاعدة ، فبين جون فيلوبونوس فى القرن السادس أن العكس هو الصحيح ، وذلك عن طريق تجربة قام بها . وعالج جاليليو هذه المشكلة باستخدام قواعد التدليل المنطقى والرياضيات أكثر منه باستخدام التجربة المباشرة .

جاليليو

لقد اعتبر احتمالين في حالة الحركة ذات العجلة المنتظمة التي بدأت من حالة السكون : (١) أن السرعة تتناسب مع مسافة السقوط ، (٢) أنها تتناسب مع فترة السقوط . أدى به الاحتمال الأول الى تناقض ظاهر ؛ ومن ثم فقد قبل الاحتمال الثانى وهو القانون المعروف الآن والذي يقول بأن السرعة تساوى العجلة مضروبة فى الزمن : $s = e \cdot t$. ثم استخدم بعد ذلك البرهان المعروف الذى يقول بأن الجسم ذا العجلة المنتظمة يتحرك خلال مسافة f فى فترة من الزمن n تساوى المسافة التى يتحركها خلال نفس الزمن لو أنه سار بمتوسط السرعة ، وتوصل من ذلك الى قانون مماثل للقانون التالى : $f = \frac{1}{2} e \cdot t^2$.

وعندما أراد جاليليو أن يتحقق من ذلك القانون اقترح تجربة الحركة على سطح مائل ، كوسيلة ، لتخفيف الجاذبية . تمكن الانسان من دراسة الحركة المتدحرجة البطيئة نسبيا لجسم ساقط على سطح مائل ، باستخدام الساعة المائية . ويعتمد هذا الاختبار على نظرية جاليليو الهامة المتعلقة بتركيب الحركات . فالجسم المتحرك على سطح مائل ، حسب نظرية جاليليو ، يمكن تحليل حركته الى عنصرين : الحركة الأفقية أو الى الأمام ، والحركة الرأسية أو الساقطة ، وكل منهما منفصلة عن الأخرى . ولقد بين جاليليو ، من تجاربه على الأجسام الساقطة على سطوح مائلة ، أن هذا القانون

وهنا نواجه مثلاً واضحاً لأسلوب جاليليو فى علم الفيزياء : انه يتصور الظروف التى توجد فى حالة معينة ويضع لها الصيغ الرياضية ثم يستخلص النتائج المعقولة ، وأخيراً يلجأ الى اختبار سريع للتأكد من نتيجته اذا كان الأمر فى حاجة الى الاختبار . وكان اختباره التجريبي فى هذه الحالة يعتمد على كرات من النحاس تتدحرج فى مجرى معين . كان يقيس الزمن الذى تستغرقه الكرة فى قطع مسافة معينة على سطح مائل بدرجة أو بأخرى . ووجد جاليليو خلال « تجارب كررها حوالى مائة مرة » أن الأزمنة تتفق مع القانون مع فروق « لا تستحق الذكر » . وتبين هذه النتيجة التى وصل اليها من أن الفروق « لا تستحق الذكر » كم كان متمسكاً بفكرته حتى قبل بدء التجارب ، فالواقع أن الطريقة البدائية التى أجرى بها تجاربه لا يمكن أن تصل به الى قانون دقيق . والواقع أن الفروق ، كما وجدها الأب مرسين الذى عاصر جاليليو ، كانت كبيرة لدرجة أن الأب مرسين لم يتمكن من إعادة تجارب جاليليو ، حتى انه كان يشك فى أن جاليليو قام بهذه التجارب على الإطلاق .

وما ان اقتنع جاليليو نفسه بأنه قد توصل الى قانون الأجسام الساقطة ، حتى رغب فى استخدامه . كان يعلم جيداً أن هذا القانون لا يعمل الا تحت ظل ظروف مثالية ينعدم فيها وجود وسط مقاوم ، غير أنه قرر ، بالرغم من ذلك ، أن يستخدمه فى حالة الأجسام الساقطة فى الهواء ، فقد لاحظ أن أثر مقاومة الهواء بالنسبة للأجسام الثقيلة مثل كرات المدافع ، كان أثراً ضئيلاً .

أخذ جاليليو فى اعتباره أن الحركة فى الهواء تختلف قليلا عن الحالة المثالية ، ثم استخدم قاعدته لتحديد مسار القذائف . والقذيفة ، حسب تحليل جاليليو ، لها عنصران مستقلان للحركة ، الحركة الأفقية والحركة الرأسية ، شأنها فى ذلك شأن الكرة على السطح المائل . اذا أطلقت القذيفة أفقيا من بندقية فإنها ستسير الى الأمام قاطعة نفس المسافة كل ثانية ، هذا اذا غرضنا الطرف عن عامل مقاومة الهواء ، وهو عامل طفيف . غير أن القذيفة ، ما ان تخرج من ماسورة البندقية حتى تبدأ فى السقوط نحو الأرض ، ففى خلال الثانية الأولى ستسقط ١٦ قدما ، وفى خلال الثانية الثانية ستسقط ٤٨ قدما ، وفى خلال الثانية الثالثة ستسقط ٨٠ قدما . وهكذا . وعلى ذلك فان مسار القذيفة سيكون قطعاً ناقصاً . كان هذا الكشف شيئاً جديداً له أهمية قصوى فى ميدان العلم الجديد المتعلق بمدى تصوير المدفعية .

وكذلك تضمن تحليل جاليليو كشفاً جديداً آخر هو قاعدة القصور . انه لم يذكر هذه القاعدة بشكل واضح الا أنه استخدم . فى فروضه الخاصة بحركة القذائف ، النظرية القائلة بأن الجسم سيعمل فى حالة منتظمة فى خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية . لقد أدخل جاليليو الفكرة الثورية ، المضادة لعلم الفيزياء القديم ، التى تقول بأن الحركة المنتظمة فى خط مستقيم تكافئ ، فيزيائياً ، حالة السكون ، وهو بذلك حول علم الميكانيكا من أساسه الاستاتيكي الى أساس كينماتيكي .

ولقد قدمت هذه القاعدة الجديدة أول تفسير كامل لميكانيكا الكون الكوبرنيكي . لقد صار فى وسع المرء أن

يفسر لماذا يسقط الحجر الساقط من قمة برج عند قاعدة البرج بالرغم من أن الأرض قد تحركت أثناء سقوط الحجر . كما صار في وسعه أن يفهم ، لأول مرة ، لماذا يسقط الحجر الساقط من قمة الصاري في مركب متحرك عند قاعدة الصاري بالرغم من حركة المركب . لقد أشار جاليليو الى أن الحجر كان يشترك مع المركب في الحركة الى الأمام قبل أن يبدأ في السقوط ، وأن هذه الحركة الى الأمام تظل تلازمه أثناء سقوطه ، ذلك أن الحركة الى الأمام والحركة الى أسفل نوعان مستقلان من الحركة . وعلى ذلك فلن يستطيع مشاهد موجود على هذا المركب أن يستنتج من هذه التجربة هل المركب في حالة سكون أو في حالة حركة منتظمة . وبعبارة أخرى ليس في ميسور المشاهد أن يميز بين حالة السكون وحالة الحركة المنتظمة الا باتخاذ نظاما خارجيا كمرجع له . هذه هي قاعدة النسبية لجاليليو ، وهذه هي كلماته : « بالنسبة للأرض ، للبرج ، أو لأنفسنا ، وكلها تتحرك مع الحجر تلك الحركة الدوارة ، تصبح هذه الحركة الدوارة وكأنها غير قائمة » .

وهنا قد يتساءل القارئ : وما قصة التجربة الشهيرة التي ألقى فيها جاليليو كرتين مختلفتين في القدر والوزن من قمة برج بيزا المائل؟ لعله ألقى قعلا في مكان ما وفي وقت ما وزنتين مختلفتين ووجد أن تنبؤات أرسطو القائلة بوجود اختلاف كبير في لحظة وصول كل منهما الى الأرض ، غير حقيقية ، الا أنه يبدو من البحوث الحديثة أنه لم يفعل ذلك من قمة برج بيزا ، على الأقل بشكل علني أمام جمع من الناس .

جاليليو

لقد وصل جاليليو الى آرائه المتعلقة بعلم الفيزياء عن طريق التفكير ، عن طريق التدليل السليم والرياضيات لا عن طريق الاستنباط من التجارب . لقد كتب الكلمات التالية فى أثناء وجوده فى بيزا قبل ذهابه الى بادوا : « غير أننا ، كالعهد بنا دائماً ، نستخدم التدليل أكثر مما نستخدم الأمثلة (ذلك أننا نبحث وراء أسباب الآثار التى نراها ، والتجارب لا تكشف هذه الأسباب) » . كان جاليليو يركن الى استخدام ما يمكن أن نسميه « التجارب الذهنية » . وذلك بأن يتصور النتائج أكثر مما يشاهدها مباشرة . وهو عندما يصف حركة الكرة الساقطة من قمة قلع المركب المتحرك فى « حوار عن النظامين الكبيرين للعالم » يجعل سمبليسيو الأرسطى يسأله هل قام بتجربة ما ليتحقق من ذلك . ويبادر جاليليو بالاجابة التالية : « كلا ، لست فى حاجة الى تجربة فأننى أستطيع بدونها أن أؤكد أن الأمر كذلك لأنه لا يمكن أن يكون غير ذلك » .

ولكى يدحض جاليليو النتائج الناجمة عن منطق أرسطو قام بهجوم مباشر على الأرسطيين . لقد أشار ، مثلاً ، الى أنه « قد يكون من الممكن أن يبدع فنان فى صنع آلات الأرغن ولكنه لا يستطيع أن يعزف عليها » . وقد يكون المرء عالماً كبيراً فى المنطق ، ولكنه غير خبير فى استخدامه ، تماماً كما قد تقابل الكثيرين الذين يفهمون جيداً فنون الشعر من الناحية النظرية ولكنهم لا يستطيعون صياغة أربعة أبيات من الشعر ، أو الذين يتمتعون بالقدرة على تذوق الرسوم المختلفة ولكنهم لا يستطيعون رسم مجرد مقعد بسيط . ان هؤلاء الذين يصنعون الأرغن لا يعطون دروساً فى العزف

عليه ، انما يفعل ذلك العازفون المهرة ، والمرء يتعلم الشعر بقراءته المستمرة ، ويتعلم التصوير بالرسم والتخطيط المستمرين ، ويتعلم التدليل من قراءة الكتب المليئة بالتدليل ؛ وكل هذه هي الجوانب الرياضية لا الجوانب المنطقية » .

أما بخصوص التجاء أرسطو الى شواهد الحس فقد تساءل جاليليو : « ألم يقل أرسطو بأن علينا أن نفضل ما تدلى به الحواس عن كافة الحجج ، حتى ولو كان مظهره لا يقوم على أساس قوى ؟ ألم يقل ذلك بدون أدنى شك أو تردد ؟ » ويجيب سمبليسيو الأرسطى على ذلك بقوله : « انه يفعل ذلك . » . وهنا يقول جاليليو « . . . انك ستجادل بشكل أكثر أرسططالية عندما تقول ان السماء غير قابلة للتغير لأن حواسي تنبئني بذلك أكثر منك عندما تقول ان السماء غير قابلة للتغير لأن المنطق قد أقنع أرسطو بذلك . وبالإضافة الى ذلك ، يمكننا نحن أن نناقش موضوع الموانع السماوية بأفضل مما كان فى ميسور أرسطو ، فهو قد اعترف بأن المعارف المتعلقة بها كانت صعبة بالنسبة له لبعد السماء عن شواهد حسه ، وهو بذلك يعترف بأن المرء الذى يستطيع أن يصل بأحاسيسه الى معارف أكبر عن السماء سيكون فى وضع يمكنه من التفلسف بخصوصها بقدر أكبر من اليقين . ولقد مكنتنا المناظير المكبرة من أن تقترب من السماء ثلاثين أو أربعين مرة أكثر من أرسطو ، وصار فى ميسورنا أن نكتشف فى السماء مئات الأشياء التى لم يقدر على رؤيتها مثل البقع الشمسية التى لم يشاهدها هو مطلقا . كل هذا يجعلنا نتحدث عن السماء والشمس بيقين أكثر من أرسطو » .

جاليليو

وتحفل كتابات جاليليو بالمراجع التى تشير الى المشاهدات المباشرة والحقائق الناجمة عن الخبرة . من هذه الزاوية بنى جاليليو علمه على أساس تجريبي . ولكنه لم يكن ، بأية حال ، ذلك التجريبي الذى أراد كتاب القرن التاسع عشر أن يصوروه . انه لم يكن تجريبيا دقيقا ، بالرغم من أنه كان مشاهدا مدققا ، وتصويره كباحث صبور لا يستخلص النتائج الا بعد التجارب الطويلة لا يتعدى مجرد تضليل فى كتابة التاريخ . ان هذه الصورة تعكس نوعا من رجال العلم جاء متأخرا ، ويعتبر روبرت المثل الحى له .

ان أعظم ما أسهم به جاليليو فكرته القائلة بأن الرياضيات لغة الحركة ، وأن التغير يمكن وصفه رياضيا بطريقة تعبر عن عموميته وحتميته ، وتعبّر أيضا عن شموله وامكان تطبيقه على عالم الواقع . وبينما كان جاليليو يسخر من الجانب العددي فى الأفلاطونية ، اذا به يصرح فى الصفحات الأولى من « حوار » : « اننى أعلم جيدا أن الفيثاغوريين يكونون أبلغ التقدير لعلم الأعداد وأن أفلاطون ذاته كان يقدر الذهن الانسانى ويؤمن بأنه يشترك فى صفة القدسية لمجرد أنه يستطيع أن يفهم طبيعة الأعداد . وأنا شخصا أميل الى أن أتخذ نفس الموقف » . ولقد وضع « حب الطبيعة للأعداد » فى كشف جاليليو أن الجسم الساقط تتزايد سرعته مع توالى الثوانى بنسب عددية متكاملة هى ١ ، ٢ ، ٣ ... والمسافة التى يقطعها الجسم فى سقوطه مع توالى الثوانى تتزايد بنسبة الأعداد الفردية ١ ، ٣ ، ٥ ... ولا شك فى أن العالم الذى أثر على تفكير جاليليو

بالدرجة الأكبر هو أرشميدس ، غير أن أرشميدس وضع هندسة السكون ، بينما وضع جاليليو هندسة الحركة .

كانت النتيجة الأساسية لأعمال جاليليو خلال حياته بأكملها هي استخلاص أدلة جديدة تعضد نظرية كوبرنيكوس عن النظام الشمسى ، وتقديم التفسير الميكانيكى لحركة الأجرام فى هذا النظام . ولعل موجة العداء التى ارتفعت فى وجه أعمال جاليليو دليل على النجاح الذى أحرزه فى هذا الصدد . لقد ارتطم جاليليو فى أخريات أيامه بلجان التحقيق الرومانية . كان جاليليو يرى أن الكتاب المقدس لم يكن يهدف الى تعليم العلوم ، وعبر عن ذلك الرأى فى خطابه الشهير الذى بعث به الى الدوقة العظيمة كرسيتينا . قال ان كلمات الكتاب المقدس يجب ألا تؤخذ حرفيا ، وان ما جاء فى الكتاب المقدس بخصوص دوران الشمس حول الأرض لم يكن يرمى الى تأكيد نظام مركزية الأرض ، وانما كان مجرد تعبير عما نشاهده ونعبر عنه كل يوم . (ونحن ما زلنا نتحدث حتى اليوم عن بزوغ الشمس وغروبها) . ومن هنا كان جاليليو يرى أنه فى ميسور المرء أن يقبل النظام الكوبرنيكى ، ويظل فى نفس الوقت كاثوليكيًا طيبًا غير حاث ، بأية حال .، بالكتاب المقدس .

ولو أن جاليليو ظل فى بادوا التابعة لحكم فينسيا التى كانت تعتبر نفسها مستقلة عن حكم البابا ، ما اضطر الى مجابهة لجان التحقيق . غير أن الشهرة التى أصابته مع كشفه الأولى بالمنظار المقرب دفعته الى أن ينتقل الى فلورنسا . ولقد كتب الكثير عن محاكمة جاليليو والحكم

عليه ، غير أننا لن نناقش ذلك فى هذا الفصل القاصر على نشاطه العلمى . حقا ان جاليليو لم يعذب خلال المدة التى مكثها فى سجن التحقيق ، غير أنه لابد وقد تأثر بمعرفته أن كثيرين قد عذبوا وأنه لم يمض وقت طويل .منذ أن حرق جوردانو برونو حيا - كان قد بلغ التاسعة والستين ، وصحته متدهورة - ولقد كتب ثلاثة أطباء ، فى معرض محاولتهم تجنبه المحاكمة ، عام ١٦٣٣ ما يلى : «من الواجب اعتبار حالته الصحية وأن أى سوء يصيب صحته قد يودى بحياته » . ان هذا الرجل المسكين ، الذى كان يتوق الى محاربة من ينكرون الحقائق الجديدة قد طحنته رحا المجلس المقدس للكنيسة التى لم يتوقف عن ولائه لها ، « واعترف » بعد التحقيق المتكرر معه :

« أقسم ، أنا جاليليو جاليلى ، ابن المرحوم فنسنزو جاليلى الفلورنسى ، وأنا أبلغ من العمر سبعين عاما ، وأنا أركع أمامكم لتحاكمونى ، أيها الكاردينالات الميجلون القائمون على التحقيق باسم الكنيسة العامة للقضاء على الهرطقة والمروق ، وأنا أضع أمام عيني الكتاب المقدس وألسمه بيدي ، أقسم أنني أمنت دائما وأننى سأومن فى المستقبل بمعونة الله ، بكل كلمة جاءت فى الكتاب المقدس ، وبكل تعاليم كنيسة روما . ولما كان المجمع المقدس قد طلب الى أن أتخلى عن الفكرة الخاطئة القائلة بأن الشمس تقع فى المركز ولا تتحرك ، ولما كان قد حرم على أن أومن بهذه الفكرة الخاطئة أو أدافع عنها أو أقوم بتعليمها ... فأننى على استعداد أن أنزع من أذهانكم ومن ذهن كل مسيحي كاثوليكي ، هذا الشك العنيف الذى راودكم بحق من جهتي »

واننى ، بناء على ذلك ، وبقلب مخلص ، وايمان رأسخ ،
ألن وأحقر هذه الأخطاء والزندقة وكافة الأخطاء والآراء
المضادة لما تقوله الكنيسة المقدسة ، وأقسم اننى لن أذكر فى
المستقبل ، كتابة أو شفاهة ، ما من شأنه أن يثير الشك
ضدى ، بل أقسم انه ما ان يصل الى علمى شىء بخصوص أى
شخص يؤمن بهذه الهرطقة أو يشك فى ايمانه ، فاننى
سأحيط المجمع المقدس أو المحقق فى مكان وجودى ، علما
بما وصل الى * وأقسم ، علاوة على ذلك ، اننى سأحقق كافة
الالتزامات التى وضعها المجمع المقدس أو سيضعها على
كاهلى * فاذا حدث أننى خرقت عهودى وتعهداتى أو حنثت
فى قسمى (وليجنبنى الله ذلك !) ، فاننى أعرض نفسى لكل
الآلام والعقوبات التى قررتها الكنيسة المقدسة ضد الملاحدين
ومن شاكلهم * فليعاوننى الله ، وليعاوننى الكتاب المقدس *
الذى ألسه بيدى ، وأنا ، جاليليو جاليلى ، أقسم وأتعهد
وأغل نفسى بما تعهدت به ، وأقرر أمام الشهود اننى كتبت
هذا بمحض ارادتى واننى قد تلوته كلمة اثر كلمة » *

ولا يسع المرء الا أن يعجب بتلك الروح التى لا تخبو ،
والتى مكنت جاليليو ، والنجمل يكلله ، والسجن يحيط به ،
والمرض يحاصره ، وكتابات ممنوعة التداول - من أن يستكمل
كتابه الأخير الهام « العلوم الحديثة » الذى نشر سرا * ويحق
لنا اليوم أيضا أن نتساءل : هل كسبنا حقاً معركة حرية
الايمان ، فنحن ما زلنا نستطيع أن نردد عبارة جاليليو :
« ان الفلسفة تبغى الحرية » *

اسحاق نيوتن

إن عقلية اسحاق نيوتن وشخصيته تتحديان كل مؤرخ .
كان شخصا غريبا فريدا ، وكانت الينابيع التي يستقى منها سلوكه خافية حتى على معاصريه . شبهه أحد المؤرخين في عصره بنهر النيل . . تعرف قواته العظيمة . . ولكنك لم تكشف عن منابعه . غير أن الحقائق الجديدة التي خصلنا عليها والخاصة بالفترة الأولى من حياته تمكننا من معرفة جزئية لصفات نيوتن وخط تطوره .

ولد نيوتن طفلا غاية في الضعف ، حتى ليقال انه كان عليه أن يرتدى دعامة عنق خاصة في شهوره الأولى لتحمل رأسه على كتفيه . لم يتوقع أحد أن يظل حيا . وكثيرا ما كان يحلو لنيوتن ، بعد أن كبر ، أن يقول ان أمه كانت تذكر دائما أنه ولد صغيرا جدا لدرجة أنه كان يمكن وضعه في اناء صغير .

مات أبوه قبل ولادته بثلاثة أشهر ، وتزوجت أمه مرة أخرى قبل أن يبلغ الثانية من عمره ، وكفلته جدته العجوز . كان يحيا في مزرعة منعزلة ، محروما من حنان الأبوين وحبهما ، دون اخوة أو أخوات تجمعهم واياهم الصداقة والتنافس . ويرى المرحوم لويس . ت . مور ، واضع

أفضل تاريخ حديث لنيوتن، يرى أن كافة الصفات الانعزالية لهذا العالم يمكن ارجاعها لهذه الطفولة الوحيدة غير السعيدة .

ولما كان نيوتن قد ولد عام ١٦٤٢ ، فانه ترعرع في عهد سادت فيه « فظائع الحرب الأهلية الطويلة المريعة » . كانت غارات القتل والنهب شيئا طبيعيا . وألقيت ظلال الشك على جدته « لعطفها على قوات الملك » . وما كان لهذا الطفل الذى تحيط به المخاوف الحقيقية الى جانب « مخاوف خلقها خياله » ، ما كان له أن يجد الراحة بين أحضان جدته أو أجراء المزرعة ، وكان من الطبيعى ، كما لاحظ مور ، أن يستغرق الولد الصغير فى «خضم من تأملاته فى وحدته»، وأن ينمى فى نفسه القدرة على التركيز التام . وصفتة فتاة عرفته فى شبابه بقولها انه « شاب هادىء ساكت مفكر ، لم يشاهد ، وهو يشارك الأطفال لهوهم ولعبهم » .

ولا شك أن نيوتن تغلب تماما على ضعفه الجسمانى قبل أن يصل الى سن الدراسة اذ تذكر احدى زميلاته فى المدرسة أنه تعدى صبيا جرما لأنه ضربه فى بطنه ، تحداه . وكال له الضربة حتى هزمه » . ولقد انتصر نيوتن نتيجة « روحه القوية وتصميمه الشديد » . وكان هذا الصبى من أوائل الفصل فقرّر نيوتن أن « يهزمه كذلك فى ميدان الدراسة » ، « وجاهد حتى نجح فى ذلك ، وظل يتقدم حتى صار أول الفصل » .

وعندما بلغ نيوتن للرابعة عشرة من عمره أخذته أمه الى بيتها بعد أن مات زوجها الثانى . حاولت أن تجعل منه

فلاحا ، ولكنها فشلت كل الفشل ، فقد كان نيوتن عزوفا عن الفلاحة مفضلا عليها القراءة أو عمل النماذج الخشبية بسكينة ، أو حتى الاستغراق في الأحلام . ومن حسن حظ العلم أن تخلت الأم عن محاولاتها وسمحت له أن يعد نفسه لجامعة كامبريدج .

وما ان بلغ نيوتن الثامنة عشرة من عمره حتى التحق بكلية ترينتي . ومرت السنوات الأولى من دراسته الجامعية دون أن يلفت النظر بشكل خاص . ثم وقع تحت تأثير اسحاق بارو ، وهو رجل غير عادي يعمل أستاذا للرياضيات . كان رياضيا ممتازا ، وعالما في الكلاسيكيات ، وفلكيا ، وحجة في علم البصريات . وكان بارو من أوائل الذين أدركوا عبقرية نيوتن . وبعد أن حصل تلميذه على درجته بقليل ، استقال بارو من كرسى الأستاذية كي يجلس عليه نيوتن وهو لم يتجاوز السادسة والعشرين من عمره . لقد صار نيوتن يحتل منصبا أكاديميا ممتازا وفتحت له الطريق لمتابعة دراساته التي حددت معالم عصره بأكمله .

وكان نيوتن قد غرس فعلا بذور مساهمته الثورية في ثلاثة فروع متميزة من فروع العلم : الرياضيات ، وميكانيكا الأجرام السماوية ، والبصريات . وما ان تخرج في جامعته حتى عاد الى منزله في ولستورب ، حيث عكف على عمله لمدة ثمانية عشر شهرا يمكن أن توصف ، بحق ، انها أكثر الشهور اثمارا في تاريخ التخيل الخلاق . والواقع أن نيوتن قد أمضى بقية حياته العلمية في استكمال كشفه العظيمة التي توصل اليها خلال هذه الشهور « الذهبية » . وفيما يلي كلماته التي وصف بها ما حققه في ولستورب :

« فى أوائل عام ١٦٦٥ وجدت طريقة لتقريب المتسلسلات ووجدت قاعدة لاختزال أى أس لكمية ذات حدين الى متسلسلة [أى نظرية ذات الحدين] - وفى مايو من نفس العام توصلت الى طريقة الممارسات لجريجورى وسلازياس ، وفى نوفمبر [كشفت] الطريقة المباشرة للفروق [أى مبادئ الحساب التفاضلى] ، وفى يناير من العام التالى توصلت الى نظرية الألوان ، وفى مايو من نفس العام بدأت فى استخدام معكوس طريقة الفروق [أى حساب التكامل] ، وفى نفس العام بدأت أفكر فى قانون الجاذبية بحيث يشمل مدار القمر ... وعندما قارنت بين القوة اللازمة لحفظ القمر فى مداره وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وجدت أنهما متقاربتان لحد كبير . »

ونتيجة لما قام به نيوتن من تحليل الضوء والألوان - وكان قد حفظ لنفسه هذا الكشف على استحياء - تمكن من اختراع منظار عاكس يعالج الزيغ الناجم عن العدسات المستخدمة فى المناظير الأخرى - وقدم الى الجمعية الملكية فى لندن ملخصا وصف فيه منظاره الجديد ، وسرعان ما انتخب - وهو فى سن الثلاثين - عضوا فى الجمعية الملكية ، وحظى بذلك على أكبر درجات الشرف العلمية فى انجلترا .

ولقد أخذ نيوتن بهذه الشهرة المفاجئة أمام الرأى العام - كان مترددا فى اعلان كشوفه ، ولكنه طلب ، قبل أن ينقضى أسبوع على انتخابه فى الجمعية الملكية ، اذنا لتقديم بحث عن « الكشف الفلسفى » الذى دفعه الى « صنع هذا المنظار » - وبلهجة لا يشوبها التواضع الكاذب قال انه توصل

الى « أغرب كشف ان لم يكن أعظم كشف توصل اليه عالم فيما يتعلق بعمليات الطبيعة » .

أرسل نيوتن خطابه « الذى يحوى نظريته الجديدة عن الضوء والألوان » الى الجمعية الملكية فى لندن فى السادس من فبراير عام ١٦٧٢ . وكان هذا الخطاب أول بحث نشره نيوتن ، كما أنه وضع الأساس ، لأول مرة ، لعلم الطيف ، وفتح عهدا جديدا فى تحليل ظواهر الألوان . وفى كلمة ، لقد بين نيوتن كيف أن المنشور الزجاجى يحلل الضوء الى ألوانه المختلفة ذات معاملات الانكسار المختلفة ، وكيف أن منشورا آخر يمكنه أن يجمع هذا الضوء المتحلل ويعيده سيرته الأولى . ان هذه التجارب الرائعة تعد بمثابة فتح جديد ييسر صياغة نظريات جديدة عن طبيعة الألوان . غير أن هذا البحث لم يلاق التقدير العام الذى توقعه نيوتن ، اذ انهالت على الجمعية الملكية خطابات كثيرة تعارض نتائج نيوتن ، كتب بعضها رجال عديمو الوزن من الناحية العلمية وكتب البعض علماء بارزون مثل كريستيان هيجين وروبرت هوك . وانبرى نيوتن ، بصبر عجيب ، يرد على هذه الخطابات الواحد اثر الآخر بحذر وعناية ؛ ولكنه لم يكسب الى صفه الا واحدا من هؤلاء المعارضين هو الأب الجيزويتى بارديس الفرنسى .

وكان لهذا الجدل أثره الحاد على شخصية نيوتن ؛ فاقسم أنه لن ينشر كشوفه الأخرى ، وكتب خطابا الى ليبنتز يقول فيه : « لقد ألتنى هذا الجدل الذى استشرى نتيجة نشرى لنظريتى عن الضوء حتى لقد أنبت نفسى على كونى قد فرطت فى نعمة الهدوء من أجل الجرى وراء مجرد خيال . أو ظل » .

ولكنه مع ذلك استمر ينشر بحوثه فقد كان يهدف الى الحصول على تقدير الأوساط العلمية • ولم يتوان أعداؤه عن الإشارة الى هذا الازدواج فى شخصية نيوتن ، وكتب الفلكى جون فلامستيد ، أحد معارضيه ، يصفه بأنه « شخصية خداعة تتميز بالطموح وبالرغبة فى سماع التقريرىط •• ولكنها فى نفس الوقت لا تطيق المعارضة •• اننى أعتقد انه رجل طيب فى أعماقه ، غير أنه شكاك بطبيعته » •

وفى كامبريدج ، كان نيوتن مثالا للأستاذ الشارد الذهن • كتب كاتم سره همفرى نيوتن (ليس بينهما ثمة قرابة) ، أنه « لم ير نيوتن : يروح عن نفسه بنزهة فى الهواء الطلق أو بركوب الخيل أو لعب الكرة أو غير ذلك ، فقد كان يؤمن ان كل ساعة لا يصرفها فى دراساته ساعة ضائعة » • وكثيرا ما كان يعمل حتى الثانية أو الثالثة صباحا • وكان يأكل قليلا أو ينسى تماما أن يتناول شيئا من الطعام • وعندما يذكره شخص ما بذلك يذهب الى منضدة الطعام ويتناول « قليلا من هذا أو ذاك وهو واقف » • ونادرا ما كان نيوتن يتناول غذاءه فى قاعة الكلية ، فاذا فعل ذلك « فدون أن يربط حذاءه أو يشد جواربه أو يمشط شعره أو يخلع وشاحه » • وكثيرا ما يقال « ان نيوتن كان يلقي محاضراته فى قاعة خالية بنفس الحماس الذى يلقيها به والقاعة غاصة بالطلبة » •



وبعد انتهاء الجدل المستمر بين نيوتن ومعارضيه أثر الانسحاب من أمام الرأى العام كعالم ، وخدم كليته بأن مثلها فى البرلمان واستمر فى بحوثه الخاصة فى ميادين الكيمياء

والخيمياء واللاهوت والفيزياء والرياضيات . تعرف الى ليبنتز ، معاصره العظيم ، ولكنه رفض أن يقدم اليه شيئا عن كشافه في علم الرياضيات . ومن المقرر الآن أن كلا منهما قد توصل بمفرده الى علم التفاضل والتكامل ، غير أن الرجلين وأنصارهما قد تعاركا بشدة حول أحقية كل منهما في هذا الكشف واتهم نيوتن ليبنتز بانتحاله للملكية غيره . كان نيوتن غيوراً على ملكيته لكشافه ودراساته حتى لقد صاحب كل كشف حققه في حياته الخلاقة معركة من نوع أو آخر .

وفي عام ١٦٨٤ طرق باب نيوتن زائر كبير هو الفلكي ادموند هالي . كانت تدور في رأس هالي مشكلة متعلقة بقوة الجاذبية بين الشمس والكواكب . استنتج ، مع هوك ، على أساس تقارير جوهان كبلر عن حركة الكواكب ، أن قوة الجاذبية بين الشمس وأى كوكب من الكواكب ، تتناسب تناسباً عكسياً مع مربع المسافة بينهما ، غير أنهما لم يتمكنوا من اثبات فكرتهما . وتقدم هالي الى نيوتن بسؤال : « ما المنحنى الذى سيتخذ مسار الكواكب اذا افترض أن الجاذبية تتناقص بما يتناسب مع مربع المسافة ؟ » . وأجاب نيوتن « لقد حسبتها » . وتبين هالي من هاتين الكلمتين أن نيوتن قد توصل الى أحد القوانين الأساسية فى الكون — قانون الجاذبية . وأراد هالي أن يطلع فوراً على الحسابات ، غير أن نيوتن لم يعثر عندئذ على مذكراته ، ولكنه وعد بأن يكتب نظرياته ووسائل البرهنة عليها . وتحت ألحاح هالي المستمر أكمل الأصول لتقديمها الى الجمعية الملكية . وهكذا ولد كتاب « الفلسفة الطبيعية لمبادئ الرياضيات » الذى عرف منذ ذاك باسم « المبادئ » .

وقبل أن ينشر الكتاب برزت أزمة بين هوك ونيوتن بخصوص أحقية كل منهما في قانون التربيع العكسي . وهدد نيوتن بنزع الفصول الأساسية من كتابه ولكن هالي تدخل وظهر الكتاب العظيم دون أن يمس . ولا شك أن هالي قد لعب دورا كبيرا في اخراج هذا الكتاب ، فالى جانب أنه دفع نيوتن الى كتابته ، كان يراجع الكتاب على الأصول ودفع تكاليف النشر بالرغم من أنه لم يكن ثريا .

★★★

ينقسم كتاب « المبادئ » الى ثلاثة « كتب » . عرض نيوتن في الكتاب الأول قوانينه الثلاثة للحركة ودرس نتائج قوانين القوة المختلفة . وفي الكتاب الثانى درس الحركة فى أنواع السوائل المختلفة ، وكان أقل نجاحا فى ذلك اذ أدخل العلماء فى العقود التالية كثيرا من التعديلات على ما جاء فى هذا الكتاب . وفي الكتاب الثالث ناقش الجاذبية الكونية وبين كيف أن هناك قانونا واحدا للقوة يفسر سقوط الأجسام على الأرض ، كما يفسر حركة القمر وتوابع المشتري وحركة الكواكب وظاهرة المد والجزر .

وكانت إحدى المشكلات المعقدة التى جابهت نيوتن هى اثبات أن الجسم الكروى يجذب الأجسام الأخرى اليه كما لو كانت كتلته متركزة فى مركزه . بدون هذا الاثبات تظل نظرية الجاذبية بأكملها معتمدة على البداهة أكثر من اعتمادها على الحسابات المضبوطة . فاذا أخذنا مثلا الحالة البسيطة ، حالة سقوط تفاحة على الأرض - التى تكمن فيها الفكرة الأساسية للجاذبية كما يقول نيوتن - فاننا سنتساءل : « ما المسافة بين « الأرض والتفاحة ؟ هنا يأتى حساب

التفاضل والتكامل - لقد اعتبر نيوتن أن الأرض مكونة من مجموعة من أحجام صغيرة جدا من المادة كل منها تجذب التفاحة حسب قانون التربيع العكسي للجاذبية - ثم جمع بعد ذلك قوى الجذب المختلفة وبين أن النتيجة النهائية مماثلة تماما للنتيجة التي يحصل عليها إذا اعتبر أن كتلة الأرض بأكملها تكمن في نقطة صغيرة في مركزها -

وما ان انتهى نيوتن من كتابه « المبادئ » حتى كان يعاني من نوع من « الانهيار العصبي » - كان يشكو من عدم قدرته على النوم ومن فقدانه « لتمامه الذهني السابق » - كان يكتب خطابات غاضبة الى أصدقائه ثم لا يلبث أن يعتذر اليهم ؛ كتب مثلا جون لوك يعترض بشدة على أن هذا الفيلسوف حاول أن « يقحمه في أمور نسائية » -

وفي عام ١٦٩٦ تخلى نيوتن عن حياته الأكاديمية العلمية واحتل مركز محافظ دار سك النقود ثم مديرها - غير أنه ظل يتلقى صنوف التكريم نتيجة لما حققه في ميدان العلم - وأعطى لقب فارس عام ١٧٠٥ وشغل لمدة سنتين منصب رئيس الجمعية الملكية - وفي ربيع القرن الأخير من حياته لم يقدم نيوتن إضافات هامة للعلم - قال البعض ان غيبريته الخلاقة قد احترقت ، وقال البعض الآخر أنه ، وقد أقام أسس علم البصريات واخترع حساب التفاضل والتكامل ، وكشف عن نظام حركة الكون ، لم يعد أمامه ما يضيفه في ميدان العلم -

وبالرغم من أن نيوتن لم يصل الى كشوف جديدة في سنيه الأخيرة الا أن هذه السنين لم تكن مجدبة وخالية من

الأفكار - لقد كان شهيراً ومكرماً وبلغ درجة من الأمان تسمح له بأن يتأمل فى بعض المشاكل العلمية ويقدم للناس تأملاته - قدم عديداً من الفروض عن « سبب » الجاذبية ، وعن طبيعة « الأثير » ، وعن حجم الوحدات التى تكون المادة ، وقوى الكهربائية والمغناطيسية ، وسبب الاستجابة العضلية « لرغبات الإرادة » ، ومنبع الاحساسات ، وخلق العالم والمصير النهائى للإنسان - ولقد سار الكثيرون من المجريين على هدى تأملات نيوتن فى القرن الذى جاء من بعده .

كثيراً ما يوصف نيوتن بأنه فاتح «عهد التعقل» ، ولقد عبر ألكسندر بوب عن مشاعر عصره فى السطور الشهيرة التالية :

كانت الطبيعة وقوانينها تختفى فى ظلمات الليل
فخلق الله نيوتن ! وعم الضوء المكان
غير أن المرحوم اللورد كينز لفت النظر الى جانب آخر
من جوانب نيوتن : سعيه وراء الحصول على اجابة عن لغز
الوجود ، واهتمامه البالغ بالكيمياء ، وآراء اللاهوتية غير
الأرثوذكسية ، وفلسفته المبهمة ودراساته الدينية - ان كل
من يقرأ كتابات نيوتن غير العلمية أو يطلع على التأملات
التي نشرها فى كتابه « البصريات » بخصوص نهاية الحياة
لن يرضى تماماً عن سطور بوب ، ولعله سيفضل كلمات ولين
وردزورث التي قال فيها عن نيوتن :

كان فى سكونه ويده منشوره
عقلاً يجوب الى الأبد
بحار الفكر الغريبة وحيداً



روبرت هوك

كل من درس الفيزياء والهندسة ، لا يد وان يعرف اسم روبرت هوك من دراسته لقانون هوك (الاجهاد الميكانيكي أو الاستطالة تتناسب مع الشد) - ان هذا القانون ، والنتائج التي استخلصها هوك منه ، لها أهمية كبيرة تكفى بذاتها لوضع اسمه فى مكان بارز من تاريخ العلم - غير أن هذا القانون لا يمثل الا جزءا من الأعمال التي حققها هوك ، فهو قد أسهم بشكل قيم فى كافة فروع العلم التي كانت معروفة فى عصره - لقد عبر العلماء الذين درسوا أعماله ، أو بعض جوانب منها ، عن اعجابهم الشديد بعبقريته المتعددة الجوانب وبكشوفه الواسعة المدى ، الا أن أعمال هوك ، مع ذلك ، ليست معروفة بالدرجة الكافية .

ولد روبرت هوك فى الثامن عشر من يوليو عام ١٦٣٥ فى قرية « فرشواتر » بجزيرة وايت الى جوار الشاطئ الجنوبى من انجلترا - كان أبوه يعمل كاهنا هناك ، وكان يحيا فى بيت صغير ظل قائما فى مكانه حتى بداية القرن الحالى - كان روبرت طفلا ضعيفا منذ ولادته ولم تتحسن صحته بشكل ملحوظ طوال حياته - كان يشكو الصداع ، وهو شاب صغير ، ولعله من المؤكد أن السبب فى ذلك هو التهاب مزمن فى جيوبه الأنفية - وتدلنا المذكرات التي كتبها فى منتصف حياته ، أنه كان فريسة لنزلات البرد

وعسر الهضم ، حتى لقد كان يسرع بتدوين أية وجبة من الطعام يستريح لها ، كما كان فريسة للدوخة والأرق والأحلام المزعجة التي تراوده عندما ينام . ولعله يجدر بنا أن نتذكر هذه الآلام المزمنة التي لازمته عندما نستمع الى اللوم الذي كان ينهال عليه نتيجة لسرعة تهيجه .

وبالاضافة الى ذلك لم يكن هوك جميل المنظر اذ يصفه معاصروه بأنه كان رفيعا منحنيا لا ترتاح العين كثيرا لرؤيته ، فمه واسع رفيع وذقنه مدبب . ويشير صامويل بيبين الى مظهر هوك في مذكراته ، بعد زيارته للجمعية الملكية في الخامس عشر من فبراير عام ١٦٦٥ ، بقوله : « كان مستر بويل حاضرا الاجتماع ، وكذلك مستر هوك الذي اعتبره من أعظم من رأيت في حياتي ، وان كان مظهره ينم عن عكس ذلك » .

وعندما بلغ هوك الثالثة عشرة من عمره مات أبوه . وتمكن الصبي بطريقة ما من أن يصير « صبيا » عند السير بيتر ليلى الرسام الشهير في لندن . غير أن روائح زيوت البويات زادت حالة الصداع لديه سوءا وسرعان ما ترك هذا العمل ليذهب الى المدرسة في وست مينستر حيث حظى بتقدير تأخر المدرسة الشهير الدكتور بزبي الذي ظل صديقا له طوال حياته . كان أبوه قد ترك له مائة جنيه ، وهو مبلغ كبير القيمة اذ ذاك . وعندما بلغ هوك الثامنة عشرة من عمره التحق بجامعة أكسفورد وهو على معرفة محدودة باللاتينية والاعريقية ومبادئ الهندسة . كان قد اكتسب مهارة كبيرة في الأعمال اليدوية بالخشب والمعادن ، وكذلك في الرسم (كما وضع في الرسوم التي صنعها بعد ذلك) ،

وكان لديه من المقدرة الموسيقية القدر الذى مكنه من الحصول على منصب عازف فى كنيسة المسيح وهى احدى كليات جامعة أكسفورد . استطاع هوك أن يعول نفسه من مرتبه كمازف الى جانب عمله كخادم لشخص يدعى مستر جودمان .

★★★

وفى أكسفورد كانت هناك مجموعة من الشبان اللامعين الذين وجهوا اهتمامهم العميق الى العلوم التجريبية ، وكانت اذ ذاك شيئاً جديداً . كان من بينهم كرسطوفر رن وروبرت بويل اللذان كان لهما أثر كبير على مستقبل هوك . كان بويل أكبر من هوك بثمانى سنوات ، ميسور الحال ذا وضع مرموق ، فهو الابن السابع والطفل الرابع عشر لايمل كورك « العظيم » . وكان يقال فيما بعد ان بويل « أبو الكيمياء وأخو ايرل كورك » . وحوالى عام ١٦٥٥ ، وهوك مازال طالبا فى جامعة أكسفورد ، ألحقه بويل كمساعد له فى تجاربه . ويرجع الفضل الى هوك فى تصميم وصنع المضخة الهوائية التى وصفها بويل فى كتابه الأول ، بل ان كثيرا من الأدلة تشير الى أن هوك هو بالفعل صاحب « قانون بويل » .

وكان أول كتاب نشره هوك عام ١٦٦١ ، وهو كتاب صغير ، يعالج ظواهر التوتر السطحي وخاصة ظاهرة ارتفاع السوائل فى الأنابيب الشعرية ، وهو لم يذهب الى حد تفسير هذه الظواهر ، غير أن كتابه يحوى ملاحظات هامة وتسرى فيه روح التجريبية بشكل واضح . لقد أدرك مثلا أن العامل الذى يدفع بالسوائل الى الارتفاع فى الأنابيب الشعرية ، هو الذى يؤدى كذلك الى أن تطفو الأجسام الصغيرة على

السطوح السائلة والى أن ترتفع العصارة فى الشجرة
والزيت فى فتيل المصباح .

وكان أول اختراع هام توصل اليه هوك هو عجلة
الضبط فى الساعة . ولقد أدى هذا الاختراع الى أول
مناقشة عنيفة من تلك المناقشات التى قدر لها أن تنفص
أغلب حياته وتسمم علاقاته مع بعض معاصريه . والواقع
أن قصة هذا الاختراع غير واضحة تماما . كانت الساعات ،
قبل هوك ، تضبط بواسطة قضيب هزاز يتحرك الى هنا وإلى
هناك نتيجة تأثير أسنان عجلة الافلات . وكانت هذه
الساعات تنقصها الدقة حتى لقد اتخذ شكسبير من ساعات
عصره التى كانت تسمى « بيض نورمبرج » مثلا لعدم الدقة
حين قال :

المرأة ، مثل الساعة الألمانية

دائما فى التصليح ، ودائما خارج غلافها

ودائما غير مضبوطة : فهى ساعة ...

ليس ثمة شك فى أن هوك قد فكر فعلا فى استخدام
الزنبرك للتحكم فى ذبذبات عجلة الضبط فى الساعة ، وأنه
عمل على تسجيل هذا الاختراع قبل عام ١٦٦٠ . ولعله من
المحتمل أنه قد اخترع ، بعد بضع سنوات ، الزنبرك اللفاف
الذى استخدمه فيما بعد (عام ١٦٧٥) كريستيان هيوجين .
غير أن هوك فشل فى نشر هذا الاختراع على الملأ ، وقصر ذلك
الفشل فيما بعد على أنه يرجع الى خلافات برزت بينه وبين
معصديه فى عملية التسجيل . وما أن بلغت هوك أخبار
اختراع هيوجين حتى سارع بتقديم مذكرة الى الجمعية

الملكية يطلب اعترافها بسبقه لهيوجين فى هذا الاختراع ، غير أن الجمعية لم تؤازره ، فقد كان سكرتيرها فى ذلك الوقت ، ويدعى أولدنبرج ، رجلا متآمرا أعطاه هيوجين حقوق التسجيل لهذا الاختراع فى انجلترا . ولقد اعترف أولدنبرج ، عدو هوك ، بأن الأخير قد « صنع بعض الساعات من هذا النوع » قبل ١٦٧٥ ، غير أنه ذكر أن هذه الساعات لم تعمل – وأنى له بمعرفة هل كانت تلك الساعات تعمل أم لا !!

وفيما يلى تلخيص قدمه الحجة الانجليزى آ . د . هول ، الذى درس موضوع اختراعات هوك لضبط الوقت دراسة محققة : « لا يسعنا الا أن نعجب بروعة هوك عندما ينطلق متعمقا الى قلب المصاعب : ان المنوسة (★) وميزان الضبط المستقل ، ومعوق الافلات ، كلها بمثابة الكشف الأولى الناجحة لضبط الوقت . وان هوك صاحب الفضل فيها ، لقد كشفها وقدمها ، بشكل فج حقا ، ولكنه واضح ومبدع . ولو أن كشفه تضمنت وسيلة لتعويض الارتفاع أو الانخفاض فى درجة الحرارة ، اذن لكان قد قدم لنا كافة المبادئ الأساسية فى ضبط الوقت » . وكثيرا ما يقال ان الفضل يرجع الى هوك فى اختراع مرسة الافلات للساعات ذات البندول ، غير أن الأدلة التى تعضد هذا الرأى ليست كافية . والواقع أن ما فعله هوك بصدد هذه القصة ، قصة الساعة – قدرته العميقة الشاملة على حل المشاكل الرئيسية ، وتسارعه ، وجوانب النقص فى تسجيلاته – يعتبر مثالا لما يتصف به أغلب أعماله .



(★) هى أداة للاحتفاظ بتناسق حركة البندول – (المترجم) .

وفي عام ١٦٦٢ ، عندما صار للجمعية الملكية ميثاقها الخاص ، قررت تعيين هوك وكيلا لها . كانت مهمته أن يقدم للجمعية في كل اجتماع لها « ثلاث أو أربع تجارب هامة » . وكانت الجمعية تجتمع مرة كل أسبوع ! ولقد تمكن هوك حقا من تقديم عدد كبير من التجارب المختلفة التي كان أغلبها من ابداعه . وظل هوك لا يقبض مليما واحدا عن هذا العمل لمدة عامين كان عليه خلالهما أن يدين شئونه بوسيلة أو بأخرى . ومن المؤكد أنه كان مشغولا بشكل قاس في ذلك الحين . وفي عام ١٦٦٥ أصدر كتابه العظيم « الإصور الميكروسكوبية » ، وهو يكفى « في حد ذاته » لوضع هوك بين رجال العلم البارزين . ويقول بيبيسن ، وهو ليس من رجال العلم ، ولكنه من رجال الفكر البارزين الذين يعتد رأيهم : «لأنه ظل حتى الثانية صباحا يطلع على هذا « الكتاب المبدع الذي لم تقع عيناي على ما هو أروع منه » . وكان لهذا الكتاب أثر هام في الدوائر العلمية سواء في إنجلترا أو في القارة ، وأكد أهمية هوك العلمية وعزز اسمه بين العلماء .

والواقع أن هذا الكتاب يضع هوك ضمن مؤسسي الدراسات الميكروسكوبية في علم الحياة ، مع أنطون فان لويينهوك ومارشيلو والبيجي ونهميا جرو . وصف هوك في هذا الكتاب أول ميكروسكوب مركب يمكن استخدامه عمليا ، ويتركب من عدسة شبيثة نصف دائرية وعدسة عينية كبيرة مستوية من جانب ومحدبة من جانب آخر ، ولا يستخدم منها الا المركز . ويمكن وضع عدسة ثالثة في أعلى الأنبوبة الأسطوانية لاستخدامها كعدسة ميدان ، غير أن هوك لم يكن يستخدم هذه العدسة الا اذا أراد أن يرى قطاعا

كبيرا من الشيء مرة واحدة . وكان هوك يضبط الرؤية بواسطة مسمار متحرك يرتبط بالعينية . ولقد ناقش هوك نقائص هذا الميكروسكوب بشكل عميق واقترح فيما بعد استخدام عدسة شبيئية متغمسة .

وتتضح روعة هذا الجهاز وعبقريته ومهارة هوك في اللوحات التي رسم فيها حوالى ٦٠ شيئا ميكروسكوبيا . ان هذه اللوحات تكشف عن عدد من الكشوف الأساسية فى عالم الحياة ، فقد وصف ، مثلا ، العين المركبة للذبابة ، وشاهد أطوار نمو يرقة البعوض ، ووصف تركيب ريش الطيور بشكل ظل المرجع الرئيسى خلال مائتى عام . وتدعو رسومه عن القملة والعتة والبرغوث (وهى مكبرة الى طول حوالى ١٦ بوصة) ، الى العجب من حيث الدقة والتفاصيل الواردة فيها . كما قدم ملاحظات مبدعة عن الفطريات وابرة النجلة وغيرها . وعندما وصف تركيب الفلين ، استخدم كلمة « الخلية » لأول مرة بالمعنى البيولوجى . ولم يوجه هوك ميكروسكوبه الى الكائنات الحية فحسب ، بل وجهه أيضا الى الجماد . كان أول من استخدمه لدراسة المعادن ، مثل طرف الديوس وحافة موسى والكرات الصغيرة من الصلب التى حصل عليها بضرب الصلب بحجر الصوان ، كما شاهد بلورات الثلج الجميلة ورسمها .

★★★

كان هوك اذن ، رائدا كبيرا فى ميدان الدراسات الميكروسكوبية ، مشهودا له بالأصالة سواء فى تصنيف هذه الأجهزة وما يتصل بها من أجزاء ، أم فى استخدامها لرؤية الأشياء الصغيرة وتفسير ما رأى . غير أن كتابه « الصور

الميكروسكوبية « لم يكن قاصرا على هذه الدراسات ، بالرغم من اسمه ، فقد جاءت به أعمال هامة في كثير من فروع العلم . لقد وصف هوك في هذا الكتاب أول جهاز لقياس الانكسار للسوائل ، وأول بارومتر دائري ، وترومترا مقفلا ومليئا بالكحول ، ومرطبا يقيس رطوبة الجو باستخدام ساق نبات الشوفان البرى التى تختلف درجة التوائها باختلاف نسبة الرطوبة فى الجو . وكان هوك أول من اقترح اتخاذ نقطة تجمع الماء كدرجة الصفر ، « الماء العادى المقطر الذى يبرد حتى بدأ فى التجمد والتندف » ، كما صنع نماذج لكافة أجهزة الأرصاد الجوية التى تستخدم الآن ، تقريبا ، مقياس سرعة الهواء ، جهاز قياس ذاتى للأمطار ، « وساعة جوية » تسجل بشكل آلى قياسات الأجهزة المختلفة بعلامات على أشرطة من الورق . ولقد شهد أعضاء الجمعية الملكية هذه الساعة وهى تعمل ، غير أنها كثيرا ما كان يصيبها العطل .

ولا شك أن هوك يعتبر واضع أسس علم الأرصاد الجوية ، إذ كان أول من أشار بوضوح إلى أن الانخفاض السريع فى الضغط الجوى ينبئ بقيام العواصف ، وكان أول من فسر دورة الغلاف الجوى حول القطب . وأول من فسر الأحوال الجوية على أساس قوى فيزيائية تتحكم فيها الاشعاعات المنبعثة من الشمس وحركة دوران الأرض . وتمكن من وضع جدول لتسجيل الأرصاد الجوية بطريقة منتظمة .

ولا يتضمن كتاب « الصور الميكروسكوبية » نظريات هوك عن الأحوال الجوية ، غير أنه يتضمن كثيرا من الكشوف

الهامة الأخرى والاقتراحات النظرية ، التي لم يتتبعها الى نتائجها الطبيعية . لقد أثبت ، عن طريق عدد من التجارب الرائعة ، ان التمدد الحرارى صفة من صفات كافة السوائل والأجسام الصلبة ، وقدم ، بوضوح ، النظرية الميكانيكية للحرارة قائلاً ان الحرارة « ما هى الا تهيج فجائى شديد لأجزاء من الجسم » - ولكى يعضد هذه الفكرة أوضح أن الاحتكاك الميكانيكى يؤدى الى انبعاث الحرارة وأن الشرارات المتطايرة من الصلب عبارة عن جسيمات كروية من المعدن - الشيء الذى يثبت أنها فى حالة انصهار - وبين أن الخشب المسخن فى آنية مغلقة لا يحترق اذا كان بمعزل عن الهواء ، ووصل من ذلك الى وضع النظرية القائلة بأن الأجسام القابلة للاحتراق انما تحترق لأن الهواء يحتوى على مادة « ذائبة » فيه « تشابه المادة الموجودة فى ملح بيتر (نترات البوتاسيوم) ؛ ولكنها ليست هى نفسها تماما » (أى مادة الأكسجين) ، وان هذه المادة تستهلك فى عملية الاحتراق بحيث يتطلب الأمر امدادا مستمرا من الهواء (ولقد أخذ الكيميائى الانجليزى جون مايو هذه الفكرة دون أن يشير الى هوك) - وكذلك كانت ملاحظات هوك عن ظاهرة التنفس تعكس عمقا كبيرا فى تفكيره - والواقع أن ادراكنا لعبقرية هوك يتطلب منا أن نقرأ آراء الآخرين فى عصره عن هذه المواضيع .

.. وعندما فحص هوك بلورات الكوارتز فى حجر الصوان قال بأن التركيب البلورى ظاهرة عامة لمختلف المواد وبالذات الأملاح والمعادن ، ثم استخدم بعد ذلك رصاصات كروية لعمل نماذج للبلورات تبدو وكأنها نماذج خديثة . ومن

المهم أن نشير الى أنه ذكر أن الصخور الملحية « تتكون من كرات فى وضع تكعيبى » -

★★★

ولاحظ هوك ألوان الرقائق الرفيعة - مثل رقائق الميكال أو الهواء المحصور بين لوحين زجاجيين أو فقاعات الصابون - واستنتج بجرأة أن هذه الألوان ناجمة عن فعل الضوء المنعكس من سطح الرقيقة وظهرها - ووضع نظرية عن الضوء مؤداها أن الضوء ناجم عن ذبذبات سريعة للجسم المضىء وأن الموجات الناتجة تجمّل على ظهر الأثير الموجود فى كل مكان - ولا شك أن جوانب كثيرة لنظريته الخاصة بالضوء والألوان غير واضحة ، غير أن تأملاته هذه تجوى كثيرا من الحقائق - انه لم يكتب فى هذه النظرية سوى بضع صفحات غير أن اسحاق نيوتن ، كما نعلم ، قرأ هذه الصفحات بدقة كبيرة -

وينتهى كتاب « الصور الميكروسكوبية » بضمسع صفحات عن مواضيع فلكية ، وهو شيء غير منتظر فى كتاب عن الصور الميكروسكوبية - لقد أشار هوك ، لأول مرة ، الى التأثير الانكسارى للغلاف الجوى على الضوء الذى يصلنا من الأجرام السماوية - وكذلك ذكر تجربتين قام بهما لمعرفة كيف تتكون البراكين على القمر - أطلق فى الأولى قذائف على مزيج من الطمي والماء ، ولاحظ فى الثانية كيف تنبعث الفقائيع من سطح الألباستر المصحون المتدى عندما يقف غليانه - لقد حصل فى الحالتين على حفر تماثل فى شكلها البراكين التى تتكون من سقوط بعض الشهب على سطح القمر ، أو من انطلاقات بركانية من داخله -

ان هذا الكتاب الرائع الذى كتبته شاب لم يتجاوز التاسعة والعشرين من عمره ، يصور لنا عقلا تنطلق منه الأفكار الجديدة المذهلة فى صحتها عن كل جوانب العلم كما تصور لنا ذهننا تجريبيًا رائعًا ، وعندما نشر هذا الكتاب كانت تجرى أحداث هامة سواء فى انجلترا أو فى حياة هوك . أدى انتشار الطاعون فى عام ١٦٦٥ والحرائق الهائلة فى عام ١٦٦٦ الى تدمير جزء كبير من لندن والحياة فيها . وسرعان ما تصدى هوك لمساعدة صديقه كريستوفر رن فى اعادة بناء المدينة . عين هوك ملاحظًا للمدينة ، ولعل هذه أول مرة يتخلص فيها من مشاكله المالية . وما ان مر اسبوع على انتهاء الحرائق حتى وضع هوك امام الجمعية الملكية نموذجًا لاعادة بناء لندن على أساس مربع ، ولقد طبقت نيويورك مثل هذا النموذج فيما بعد ! كان هوك ، بالإضافة الى كل ما تقدم مهندسًا ماهرًا ، وصمم كثيرًا من مباني لندن المعروفة .

ولم يتوقف نشاط هوك العلمى مطلقًا ، ففي عام ١٦٧٤ نشر بحثًا عرض فيه محاولة منظمة لمشاهدة تزيح الضوء المنبعث من النجوم . ولكى يقيس المسافات الزاوية بين الأجرام السماوية صمم آلة ربع جديدة تعتبر أول آلة تلسكوبية تضبط بمسمار محوى . وكان هذا الجهاز بمثابة تقدم هائل بالنسبة للأجهزة ذات الرؤية المباشرة التى صنفها معاصره هفلباس من دانزج . ويجدر بنا أن نذكر أن هوك لم يصمم هذا الجهاز الجديد أو يحسنه فحسب ، بل كان مدركًا تمامًا لمزاياه . لقد وجد بالقياسات أن قدرة العين التحليلية لا تتجاوز قوسا قدره دقيقة واحدة ، وأن التلسكوب يزيد كثيرًا من هذه القدرة التحليلية .

كان هوك أبرز صانع للأجهزة في عصره ، ولقد وصف ، في نفس البحث ورسم تلسكوبا استوائيا يدار بالساعة ، ذلك أن أول تلسكوب من هذا النوع صنع في فرنسا بعد هوك بسبعين عاما .

وعندما يريد المرء أن يكتب عن هوك لا يسعه الا أن يكذب كوما من الكشوف ، ونحن لا يمكننا أن نقدم هنا قائمة بهذه الكشوف ، غير أنه يجب علينا أن نذكر كلمة عن كتاب له ظهر عام ١٦٧٨ عرض فيه قانون هوك والاستنتاجات المستمدة منه . لقد بين أن ذبذبات جسم مرن ، حيث القوة التي تعمل على اعادته الى وضعه الأول تتناسب مع زحزحة هذا الجسم ، تستغرق نفس الفترة مهما كانت درجة الذبذبة . ويعتبر هذا الكشف في غاية الأهمية . ومن هذه الدراسة للذبذبات توصل هوك الى وضع نظرية عامة ، ولو أنها فجأة بالضرورة ، عن حركة المادة مؤكدا أن حركة جسيمات المادة تفسر لنا كثيرا من الظواهر .

وفي عام ١٦٧٧ مات أولدنبرج وعين هوك سكرتيرا للجمعية الملكية . ولم يلبث أن كتب الى نيوتن يطلب منه أن يقدم للجمعية بحثا من بحوثه . كان الجدل قد استمر بين العالمين من قبل بخصوص طبيعة الضوء ، وكان أولدنبرج يؤجج نار الخلاف ، غير أن خطاب هوك الآن كان وديا . وتبذلت الرسائل بين العالمين ، ولكن العداء عاد بينهما من جديد . كان هوك قد نشر في عام ١٦٧٤ القواعد الثلاث التالية : أولا ، ان كافة الأجرام السماوية لها جاذبية تتجه نحو مركزها . وثانيا ، ان كافة الأجسام تستمر في الحركة في خط مستقيم الا اذا تعرضت لجذب قوة أو أخرى .

وثالثا ، ان قوة الجذب تتناقص مع ازدياد المسافة حسب قانون لم يعرفه هوك وقتئذ . وكان نيوتن قد توصل بنفسه الى هذه النتائج ولكنه لم ينشرها أو يتحدث عنها ، الشيء الذى يؤكد أن هوك توصل اليها مستقلا عن نيوتن . وفى عام ١٦٨٠ كتب هوك الى نيوتن يسأله عن المدار الذى ستخذه الكواكب على أساس افتراض أن قوة الجاذبية تتناسب عكسيا مع مربع المسافة . ولو أن هوك قد تمكن نفسه من استخلاص النتائج الرياضية لقواعده هذه بخصوص مدارات الكواكب ، لحل المشكلة العظيمة . . مشكلة النظام الشمسى الذى يرجع الى نيوتن فضل حلها . كم اقترب هوك من هذا الهدف بفضل حاسته العلمية العميقة !

وعندما علم هوك أن كتاب نيوتن « الأسس » ، الذى نشر بعد ذلك بست سنوات ، يحتوى على عرض للنظام الشمسى على أساس من القواعد التى وضعها ، دون اشارة له ، تضايق كثيرا . انه لم يكن يطلب أكثر من مجرد الاشارة الى أعماله فى هذا الصدد ، غير أن نيوتن ، وكان بدوره سريع التهيج ، رد على ملاحظة هوك بعدم ذكر اسمه لا فى كتاب « الأسس » ولا فى كتاب « الظواهر الضوئية » الذى نشره بعد وفاة هوك . ان هوك الذى كانت تنقصه الكياسة ولا ينقصه الكرم يستحق من المرء كل العطف .

وفى عام ١٦٨٢ ترك هوك سكرتارية الجمعية ، ولكنه ظل يقدم بحوثه الى الجمعية فى مختلف المواضيع ، من طبيعة الذاكرة ، الى الشهب . وعندما توفيت ابنة عمه عام ١٦٨٧ ، وكانت تعيش معه لمدة سنوات ، كانت الصدمة قاسية عليه . وبعد بضع سنوات تدهورت حالته الصحية بشكل كبير ،

ولكنه ظل متمسكا بأهداب الحياة حتى عام ١٧٠٣ . وعند وفاته أقيم له جناز محترم حضره كل أعضاء الجمعية الملكية الذين كانوا في لندن اذ ذاك . غير أنه لما يدعو الى الأسف أن مكان قبر هذا الرجل التمس غير معروف .

★★★

وما ان مر عامان على وفاة هوك حتى ظهر كتاب «أعمال روبرت هوك» في مجلد واحد يبلغ جوالى ٤٠٠ ر. ٠٠ ٤ كلمة . ولقد تم تحضير هذا الكتاب من مسوداته التى لم تنشر ، وأغلبها محاضرات . ان هذه الصفحات الرائعة التى يضمها هذا الكتاب تعطى هوك الحق فى أن يحتل مكانه بين رواد علم الجيولوجيا وعلم التطور الى جانب الميادين الأخرى . لقد أدرك أن الحفريات ان هى الا سجل للحياة القديمة على ظهر الأرض ، وأشار الى أنه فى استطاعة المرء أن يزيّف العملة أو الميديايات أو الوثائق ، « ولكن خصائص هذه الحفريات لا يمكن أن يزيّفها إمبر مزيف فى العالم ، فلا يمكن أن يشك فى مظهرها أى فاحص غير متحيز . وبالرغم من أنه يصعب جدا قراءتها أو استخلاص التتابع الزمنى منها أو تحديد فترات الزمن التى شأهت هذه الكارثة أو تلك الطفرة ، الا أن هذا ليس مستحيلا . » . قارن بين هذه العبارات والقصص الخرافية، التى كان يذكرها معاصروه عن هذه المواضع !

يستطيع المرء أن يملأ الصفحات التى يعده فيها كشوف هوك التى يكفى واحد منها لتخليد اسمه ، والتى نسب الكثير منها الى رجال جاءوا من بعده . ولنلق نظرة على اجتماع واحد من اجتماعات الجمعية الملكية . جاء فى محضرا اجتماع

٢٧ يوليو عام ١٦٨١ ما يلي : « عرض مستر هوك اختراعه الجديد عن فتحة في التلسكوبات الطويلة يمكن أن تفتح أو تقفل كإنسان العين ، تاركة ثقباً مستديراً في منتصف الزجاج بالحجم المطلوب . ولقد قدرت الجمعية هذا الاختراع . وعرض كذلك تجربة لاهداث الأصوات الموسيقية وغيرها من الأصوات باستخدام أسنان في عجلات من النحاس بحيث تكون هذه الأسنان متساوية الحجم للأصوات الموسيقية ومختلفة للأصوات الأخرى » . اننا نقابل في هذه السطور ، الحجاب النقزحي الذي يعتبر عادة من اختراعات القرن التاسع عشر ، ثم شكلاً متقدماً من الآلة الصوتية التي تعرف باسم عجلة سافارت ، نسبة الى رجل فرنسي يرجع اليه الفضل في اختراعها عام ١٨٢٠ . وكذلك عرض هوك في نفس الاجتماع اختراعاً ثالثاً هو المنظار الشمسي .

ولقد آثرت أن أتجنب التبويب المنظم لأعمال هوك ؛ لأن القصة الزمنية تذكر لنا بشكل أوضح وأصدق كيف كانت الاختراعات والكشوف والتنبؤات تنطلق الواحد بعد الآخر من ذهن ذلك الرجل العجيب . ولقد أصاب جون وارد كبد الحقيقة عندما قال عام ١٧٤٠ : « لو أن هوك كان أكثر اتزاناً وعمد الى استكمال كل كشف يصل اليه قبل أن ينتقل الى كشف آخر ، لكان من المحتمل في بعض الحالات أن يؤدي خدمات أعظم ، ولاستطاع أن يتخلص من ذلك القلق المستمر الناجم عن خوفه من أن يحصل آخرون على فضل يستحقه هو ، مع أنهم يبنون على الأسس التي وضعها هو » .

★★★

ولقد صنع هوك المريض المجهد في العمل الذي حسده الكثيرون وهاجمه من هم أقل منه شأناً وخادعه البعض ،

صنع لنفسه كثيرا من الأعداء ، ولكنه مع ذلك اكتسب صداقة بعض الشخصيات البارزة في عصره مثل أستاذه بزي وجون ايفلين وتوماس سيدنهام وكريستوفر رن . وكان هوك يكن دائما أشد أنواع الاعجاب بالعالمين رن وبويل . ومع أنه كان سريع الغضب إلا أنه كان شجاعا ومعتدا بنفسه وعلى استعداد تام لتقدير كل معونة أو عطف ، وسريع العفو عن أى ضرر أصابه من جانب عظماء الرجال الذين يقدرهم حق قدرهم . ولقد تمنى لـ تـ مور ، وهو يؤرخ حياة نيوتن ، لو أن ذلك العالم الكبير استطاع « وهو فى أوج شهرته ومجده أن يعبر عن تقدير أكبر وعطف أشد (لهوك) ذلك العالم الذى كان يتمتع بروح قوية وذهن متقد سجينين فى جسد مريض » .

والواقع أن هوك كان متسرعاً لا صبر له مع الأغبياء ولا قدرة له على تحمل الاعوجاج ، وهى صفات قد يتبرم بها إذا اتصف بها شخص تافه ، ولكنها لا تنقص قدر الرجل العظيم . . وصفه صديقه وناشر كتبه بالكلمات التالية : « كان هوك يتمتع بقدرة كبيرة على الحكم على خصائص الآخرين » ، وهى صفة لا تخلو من بعض المخاطر . وكانت تنقصه القدرة على الاقتراب من الناس برقة وكياسة وعلى تحليل دوافعهم وإخفاء رأيه فيهم ، وهى كلها صفات هامة لنجاح الانسان فى هذا العالم ، ولعل أحد أخطائه الكبيرة أنه كان حساساً . ولا شك أننا نعتقد جميعاً أن هوك كان سيلاقى معاملة أفضل لو أنه وجد فى عصرنا الحاضر . . . من يدري !

★★★

لابلاس

كان مؤرخو العلوم على حق عندما أطلقوا على الماركيز دى لابلاس اسم نيوتن فرنسا - انه استحق ذلك الاسم بفضل أعماله الضخمة فى ميكانيكا الأجرام السماوية التى توج بها جهود ثلاثة أجيال من علماء الفلك الرياضيين ، ولأنه قدم للعالم قاعدة عامة يمكن تطبيقها فى كافة ميادين علم الفيزياء - أما المؤرخون الذين اهتموا بتاريخ حياته فقد وجدوا فيه شخصا يدعو الى الاهتمام أكثر منه رجل علم ، بالرغم من أن أثر شخصيته أقل من أثره كعالم - كان شخصا يجمع كثيرا من الصفات التى امتزجت بشكل غريب - كان طموحا دون أن تنقصه المودة ، وكان لامعا ولكن لا يتورع عن سرقة أفكار غيره بكل بساطة ، وكان مرنا بحيث يصبح جمهوريا أو ملكيا كما تدعو الأحوال فى زمنه الكثير التقلب ، زمن الثورة الفرنسية -

ولد بيير سيمون دى لابلاس فى قرية بومونت - أن - أوج بمقاطعة نورماندى التى تطل على القناة الانجليزية فى الثالث والعشرين من مارس عام ١٧٤٩ - أما الحقائق المتعلقة بحياته ، وخاصة الفترات الأولى منها ، فقليلة ومتباينة ، ذلك أن أغلب الوثائق الأصلية التى تتناول تاريخ

حياته احترقت خلال الحريق الذى دمر قصر حفيده الكونت كولبرت لابلان عام ١٩٢٥ ، كما فقد جزء آخر خلال الحرب العالمية الثانية عند القاء القنابل على مدينة كان . ولقد انتشرت آراء كثيرة خاطئة حول حياة لابلان كالقول ان أباه كان فلاحا فقيرا ، وان بعض جيرانه الأثرياء هم الذين تكفلوا بتعليمه ، وانه حاول اخفاء «نشأته المتواضعة» بعد أن صار شهيرا . وتدل البحوث الحديثة التى قام بها عالم الرياضة السير ادمون ويتاكر أنه مهما كانت الأسباب التى دعت لابلان الى تحفظه عند الحديث عن طفولته ، فان فقر والديه ليس سببا منها ، فقد كان أبوه يملك ضيعة صغيرة ، وكان يعمل رئيسا فى إحدى الأبرشيات ، وكانت أسرته من « بورجوازية الأرض الميسورة الحال » . كان أحد أعمامه جراحا والعم الآخر قسيسا . ويقال ان هذا العم القسيس الذى كان يعمل مدرسا فى الدير البندكتى فى بومونت قد أثار فى الصبى حب الرياضيات . ولقد اعتقد الناس لفترة من الزمن أن لابلان سيسير على نهج عمه ويصبح قسيسا ، غير أن الفتى أظهر كفاءاته الرياضية فى جامعة كان التى دخلها وعمره لم يتجاوز السادسة عشرة . لقد كتب فى هذه السن بحثا عن علم التفاضل والتكامل للفروق المتناهية فى الصغر ونشره فى مجلة علمية كان يشرف عليها جوزيف لويس لاجرانج ، العالم الرياضى الكبير ، الذى كان يكبر لابلان بثلاثة عشر عاما والذى تعاون معه فيما بعد .



وما ان بلغ لابلان الثامنة عشرة من عمره حتى شد الرحال الى باريس وهو يحمل خطابات توصية حارة الى جين

لوروند دلامبير أبرز عالم فرنسى فى الرياضيات • ولكن دلامبير تجاهل هذه التوصيات • ولم يفت ذلك فى عضد لابلاس فأرسل الى العالم الكبير رسالة تضم بحثا عن القواعد العامة للميكانيكا • وكان لهذه الرسالة أكبر الأثر على العالم الكبير الذى أرسل فى طلب الشاب المبكر النضج وقاله له : «يا أيها السيد ، أنت ترى بأننى لا ألقى بالا الى التوصيات • والواقع أنك لست فى حاجة الى توصية • لقد عبرت عن كفاءتك وهذا يكفينى ، اننى سأقف الى جانبك » • وسرعان ما كفل له دلامبير مركز أستاذ الرياضيات فى مدرسة باريس العسكرية •

وشق لابلاس طريقه بسرعة ، وبشكل رائع • قدم الى أكاديمية العلوم بحثا وراء بحث مستخدما قدرته الرياضية الهائلة فى حل المشكلات المتعلقة بنظرية دوران الكواكب • ولقد علق أحد علماء الأكاديمية على ذلك بقوله : « اننا لم نر شابا يقدم فى هذا الوقت القصير هذا العدد الكبير من البحوث المتعلقة بمشاكل صعبة ومتعددة الجوانب مثل لابلاس » •

★★★

وكانت إحدى المشكلات التى جرؤ لابلاس على التعرض لها هى « الرجوع » فى حركة الكواكب • كان معروفا منذ زمن طويل أن الكواكب لا تتحرك بشكل منتظم ، فقد أشار الفلكى الانجليزى ادمون هالى ، مثلا ، الى أن كوكبى المشترى وزحل يتأخر أحدهما عن الآخر ، خلال الأجيال ، ثم يعود فيسبقه وكان بينهما نوعا من السباق يحتلان فيه أماكن غير الأماكن المنتظرة • كان استخدام نظرية نيوتن عن الجاذبية

لتفسير سلوك الكواكب وتوابعها أمرا يتضمن كثيرا من المصاعب المخيفة . وحتى اليوم لم يتوصل العلم الى حل مشكلة سلوك ثلاثة أجسام تتجاذب فيما بينها حسب قانون التربيع العكسى . غير أن ذلك لم يمنع لابلاس من معالجة موضوع أعقد ، وهو تجاذب كافة الكواكب فيما بينها وبين الشمس .

كان نيوتن يخشى أن يؤدى هذا التسابق المقلق بين الكواكب بعد زمن أو آخر الى فساد النظام الشمسى والى ضرورة تدخل القوة العاقلة لحفظ النظام فيها . ولكن لابلاس رأى أن يبحث عن الأمان فى مكان آخر ؛ ففى بحث له ، وصف بأنه « أروع بحث قدم للجمعية العلمية » ، بين لابلاس أن هذا الرجوع فى حركة الكواكب لا يتراكم ، ولكنه يحدث بصفة دورية ، ثم عكف بعد ذلك على وضع قاعدة عامة تتعلق بهذه الذبذبات وذلك النظام الشمسى بأكمله ، فما دام قد أوضح أن هذا الفساد فى الآلة يعود فيصح نفسه تدريجيا - مثل عملية الشفاء الذاتى فى المجال الفسيولوجى التى سماها والتر كانون « اتزان الجسم » - فانه يكون بذلك قد أمن بشكل معقول مستقبل الآلة الكونية ومستقبل الزائر العرضى لها ، وهو الانسان . أما اذا كانت هذه الذبذبات تتراكم وكل ذبذبة تمهد السبيل الى أخرى أقوى منها ، فلا محيص من حدوث كارثة بعد وقت أو آخر . لقد قدم لابلاس حلا نظريا يبدو أنه يتفق مع المشاهدات ، كما أوضح أن كارثة ما لن تصيب النظام الشمسى وأن هذه التغيرات التى تحدث فيه « تكرر نفسها فى فترات منتظمة ولا تتعدى قدرا معتدلا » . أما الفترات ذاتها فطويلة جدا ،

وأما الذبذبات فكانها ذبذبات « بندول الخلود الضخم الذى يعد العصور كما يعد بندولنا الثانى والدقائق » .

ان نظريات لابلاس كانت بمثابة درع الأمان لحسن سير آلة الكون النجومية ؛ أما التخطيط وعدم النظام المشاهد فهو شئ ثانوى يصح تلقائيا بحيث لا يهدد دوران الآلة ككل . والواقع أن لابلاس اعتبر هذه الحركات الشاذة كنعمة لعالم الفلك ، اذ جاء بكتابه « حركة الأجرام السماوية » : « ان الحركة غير المنتظمة لهذين الكوكبين كانت تبدو أول الأمر ولا تفسير لها من وجهة نظر قانون الجاذبية العام ، أما الآن فان هذه الحركة ذاتها تعتبر أحد الأدلة الرائعة على سلامته . هذه صورة مميزة للنظام الحق للطبيعة ، كل صعوبة تبرز أمام هذا الكشف الرائع تعود فتصبح دعامة من الدعائم القوية التى تبرهن عليه » .

غير أن هناك نقطتين يجدر بنا أن نذكرهما فى هذا المجال : أما النقطة الأولى فهى أن الحل الذى توصل اليه لابلاس لم يثبت بشكل كامل ثبات النظام الشمسى . ان هذا الحل ينطبق على نظام شمسى مثالى لا يلعب فيه الاحتكاك المدى أو أية قوى أخرى دورا ما . ونحن نعرف الآن ، بما كانوا يجهلونه وقت لابلاس ، أن الأرض جسم غير صلد وعرضة لتغير شكله نتيجة للاحتكاك المدى الذى يعمل بمثابة فرملة تعوق حركة الأرض . ولا جدال فى أن هذا الأثر طفيف غير أنه يعمل دائما فى نفس الاتجاه . والنتيجة أننا لا نستطيع القول ، مثل لابلاس ، ان الطبيعة قد نظمت العمل فى الآلة النجومية « بحيث تخلص الى الأبد على نفس

الأسس التي تسود بروعة على الأرض والتي تؤدي إلى حفظ الأفراد وإلى استمرار النوع » .

وأما النقطة الثانية فتتعلق بإخفاء لابلاس ما يدين به للعالم لاجرانج . ان كل ما حققه لابلاس ، تقريبيا ، في ميدان علم الفلك الفيزيائي يرجع جزء من الفضل فيه الى كشف لاجرانج الرياضية العميقة : ومن الصعب في كثير من الأحيان الفصل بين ما أسهم به كل منهما . كان لاجرانج رياضيا كبيرا ، وكان لابلاس ، الذي يرى في الرياضيات وسيلة للوصول الى أهدافه ، عالما في ميدان الفلك والفيزياء الرياضية . وفي حين عاتب الكثيرون لابلاس بشكل عنيف على إهماله الإشارة الى ما أسهم به لاجرانج ، إلا أن لاجرانج نفسه بروحه الملائكية لم يفعل ذلك ، وظل العالمان على علاقة طيبة بشكل مستمر .

ظهر كتاب لابلاس « حركة الأجرام السماوية » في خيبة أجزاء كبيرة بين عامي ١٧٩٩ ، ١٨٢٥ . ويصف لابلاس المواضيع التي عالجها الكتاب بالكلمات التالية :

« قدمنا في الجزء الأول من هذا الكتاب القواعد العامة لحركة الأجسام وتوازنها . ولقد أدى بنا تطبيق هذه القواعد على حركة الأجرام السماوية ، دون ما حاجة الى اللجوء الى التدليل الرياضي ، وبدون أية نظريات افتراضية ، الى الوصول الى قانون التجاذب العام ، وأثر الجاذبية وحركة القذائف ، فهذه كلها حالات خاصة من القانون . وتناولنا بعد ذلك نظاما من الأجسام يخضع لهذا القانون الطبيعي العظيم ، وتوصلنا عن طريق تحليل هذا النظام ، الى التعبير

بشكل عام عن حركة هذه الأجسام ، وشكلها ، وذنبية السوائل التي تغطيها . ومن ذلك التعبير استنتجنا كافة الظواهر المعروفة من المد والجزر ، وتباين درجات وقوة الجاذبية على سطح الأرض ، وتقدم الاعتدالين ، وتحرير القمر ، وشكل دوران حلقات زحل . كما أشرنا للسبب الذي يجعل هذه الحلقات تظل دائما في مستوى خط الاستواء بزحل . والى جانب ذلك استنتجنا من نفس نظرية الجاذبية ، المعادلات الأساسية لحركة الكواكب ، وبالذات كوكبي المشتري وزحل اللذين تبلغ فترة عدم التساوى بينهما أكثر من ٩٠٠ عام .

★★★

ويعتبر الرياضيون أن هذا الكتاب جدير بالتخليد . كما يقال ان عالم الرياضة الأيرلندي وليم رومان هاملتون قد بدأ حياته كعالم رياضى باكتشاف خطأ ورد في هذا الكتاب . واستخلص منه العالم الرياضى الانجليزى جورج جرين نظرية رياضية للكهربائية . ولعل أعظم ما أسهم به لابلاس في هذا الكتاب هو معادلته الشهيرة :

$$\text{صفرا} = \frac{\text{دأى}}{\text{دع د}} + \frac{\text{دأى}}{\text{دص د}} + \frac{\text{دأى}}{\text{دس د}}$$

وهذا التعبير انما هو معادلة مجال يمكن أن تستخدم لوصف ما يحدث عند لحظة معينة في كل نقطة من نقط مجال ناجم من وجود كتلة جاذبة ، أو شحنة كهربائية ، أو سريان سائل أو ما الى ذلك . وبكلمات أخرى ، ان هذه المعادلة تعالج قيمة كمية فيزيائية ، هى الجهد ، خلال متصل كامل . وأما معامل الجهد «د» الذى وضع أول الأمر كمجرد كمية

رياضية ، فقد اكتسب فيما بعد معنى فيزيائيا . والفرق بين قيم معامل الجهد عند نقطتين مختلفتين في المجال ، يقيس كمية الشغل المطلوبة لتحريك وحدة من وحدات المادة من احدى هذه النقط الى الأخرى ، كما يقيس معدل تغير الجهد فى أى اتجاه ، والقوة التى تعمل فى ذلك الاتجاه .

وإذا أعطينا «ى» معانى مختلفة (مثل درجة الحرارة ، أو سرعة الجهد أو غير ذلك) ، فإن المعادلة تجد لها مجالا واسعا فى التطبيق سواء فى نظريات الكهربائية الاستاتيكية أو الجاذبية أو الديناميكية المائية أو المغناطيسية أو الضوء أو الصوت أو توصيل الحرارة . وفى ميدان الديناميكية المائية حيث «ى» هى سرعة الجهد (مربع المسافة مقسوما على الزمن) ، فإن معدل تغير الجهد يعتبر مقياسا لسرعة السائل . وتنطبق المعادلة على السوائل غير القابلة للانضغاط أو اللزج ؛ فإذا خرجت كمية من السائل من حجم صغير تعادل الكمية التى تدخل فى هذا الحجم ، فإن دالة الجهد تساير معادلة لابلاس . والتفسير المنطوق لكون هذه المعادلة تلعب دورها لحل كافة المشاكل الفيزيائية ، تقريبا ، هو أنها تصف الاقتصاد الذى يميز أنواع السلوك الطبيعية — « ميل عام نحو التجانس بحيث تتجه كافة الفوارق المحلية الى التلاشى » . فإذا سخنا ، مثلا ، قضيبا معدنيا عند أحد طرفيه ، فإن درجة الحرارة ستتجه الى أن تصبح متجانسة فى القضيب بأكمله ، وإذا وضعنا مادة مذابة فى سائل فإن هذه المادة ستعمل على أن تنتشر بشكل متجانس فى هذا السائل .



ويتضمن كتاب « حركة الأجرام السماوية » من الصعوبة ما يتناسب مع حجمه الكبير . الا أن لابلاس لم يكن

متساهلا مع القارئ ، كان يقفز ثغرات كبيرة باستخدام هذه العبارة المزعجة « من السهل أن نرى » . ويعلق عالم الرياضيات والفلكي الأمريكي ناتانيل بوديتش ، الذي ترجم أربعة أجزاء من الكتاب الى اللغة الانجليزية ، يعلق على ذلك قائلا : انه ما أن يقابل هذه العبارة « من السهل أن نرى » ، حتى « أشعر بيقين أن أمامي ساعات من العمل المضني حتى أساير لابلاس في تدليله » بل ان لابلاس ذاته عندما يرغب في عرض بعض تدليلاته الرياضية يعترف بأنه « ليس من السهل أن يرى » كيف يمكن الوصول الى نتائجه . ولا شك أن هذا الأسلوب ينقصه التواضع ، بل وينقصه بعض الشرف ، ذلك أن أنيس ماري كلارك مؤرخة الفلك الشهيرة تقول : « ان نظريات ومعادلات بأكملها ينتزعها لابلاس من أصحابها دون أن يشير اليهم أية اشارة ، وينسب الى نفسه نتائج الجهود التي استغرقت قرنا من العمل الصبور المضني » . وكذلك يشير اريك تمبل بل المتخصص في الكتابة عن حياة العلماء أن لابلاس لم يكن يتورع عن « السرقة من اليمين ومن اليسار ، بجرأة تامة ، انه يضع يديه بكل بساطة على كل ما يستطيع استخدامه من أعمال معاصريه ومن سبقوه » .

وفي عام ١٧٩٦ كتب لابلاس « عرض لنظام العالم » ، كتبه مبسطا في ميسور القارئ الذي لم يتمكن من متابعة كتاب « حركة الأجرام السماوية » . والواقع أن هذا الكتاب المبسط يعتبر من أروع الكتب الشعبية التي ظهرت عن الفلك . في هذا الكتاب الرائع عرض لابلاس نظريته السديمية الشهيرة (التي سبقه اليها ايمانويل كانت عام ١٧٥٥) . والفكرة الأساسية في هذه النظرية أن النظام الشمسي تطور

من كتلة دوارة من الغاز تكثفت فتكونت الشمس، ثم انطلقت منها بعد ذلك سلسلة من الحلقات الغازية صارت الكواكب . وفي حين كانت هذه الكواكب في حالتها الغازية ، انطلقت منها حلقات صارت التوابع . ومنذ أن عرض كانت ولا بلاس هذه النظرية وأسهمها ترتفع تارة وتنخفض تارة أخرى . وتؤكد نظرية لا بلاس استحالة حركة أى عضو فى المجموعة الشمسية فى اتجاه عكسى . غير أن السير وليم هيرشل وجد ، قبل وفاة لا بلاس ، أن توابع يورانوس تسير فعلا فى اتجاه عكسى ، ثم كشفت من بعد ذلك توابع أخرى تسلك نفس السلوك . ولكن ذلك لا يمنع القول بأن هذه النظرية كانت خطوة فكرية هامة ، حتى ان الشيء الكثير من تدايلها الأساسى مازال يجد صدق عند بعض علماء الكون الذين يسلمون بصحته فيما يتعلق بالتجمعات الفلكية الأكبر من المجموعة الشمسية .

وهناك موضوع آخر اهتم به لا بلاس بوصفه عالما رياضيا ومبسطا للعلوم، ذلك هو نظرية الاحتمالات . ان بحثه الشامل « نظرية تحليلية للاحتتمالات » يتضمن وصفا لحساب تحليلي مفيد يضىء درجة ما من المنطق على النظريات الخاصة بالأحداث الصدقية . وكان اطار هذا الحساب هو علم التوافق والتبادل الذى يمكن أن يسمى رياضيات الاحتمالات .

★★★

ويرى لا بلاس أن نظرية الاحتمالات أن هى فى الواقع الا تدليل مقبول مصاغ فى قالب الحسابات . غير أن بحثه كان يتضمن صعوبة فى الحساب لعلها تفوق الصعوبة

فى حركة الكواكب • ان أوغسطس دى مورجان عالم الرياضيات الكبير يصف هذا البحث بأنه «أصعب بحث رياضى قابلناه» انه يفوق فى صعوبته البحوث المتضمنة فى كتاب «حركة الأجرام السماوية» •

ولعل ما أسهم به لابلاس فى مجال الاحتمالات يفوق ما أسهم به أى باحث آخر بمفرده ، غير أن لابلاس فى كتابه «نظرية تحليلية» لم يشر أيضا الى جهود أى عالم آخر مع علماء الرياضيات الذين استفاد منهم للوصول الى نتائجه • وفى هذا الصدد يقول دى مورجان : «ان لابلاس كان يقدم مع ذاته أفكارا أصيلة بالقدر الذى يجعل القارئ يتعجب من ذلك الرجل الذى يستطيع أن يصوغ آراء غير هذه البراعة ولا يتورع عن أن يسلك سبيلا فيه خطر كبير على مركزه» •

وفى بحث آخر عنوانه «بحث فلسفى عن الاحتمالات»، يعرض فيه لابلاس مقدمة غير فنية لقوانين الصدفة ، كتب الفقرة التالية التى تعتبر أسلم تغيير عن التفسير الحتمى للكون ، كما تعتبر رمزا لذلك العصر السعيد المليء بالثقة الذى يفترض أنه مع الميسور وصف الماضى واكتناه المستقبل اذا عرفت لقطة واحدة من لقطات الحاضر •

«ان علينا أن نعتبر الحالة الحاضرة للكون كالأثر الناجم من حالته السابقة والسبب الذى تترتب عليه حالته المستقبلية • واذا كان لدينا ، للحظة واحدة ، ذلك القدر من الذكاء الذى يمكننا من الاحاطة بكل القوى التى تملأ الحياة انتعاشا والأوضاع المقابلة لكافة الكائنات التى تتكون منها

الطبيعية ، ذلك القدر من الذكاء الذى يمكننا من تحليل كافة هذه الحقائق ، فانه سيكون فى ميسورنا أن نضع معادلة واحدة تتضمن حركة أكبر الأجسام فى الكون وأخفها ، وعندئذ سيزول الشك ويتبلج المستقبل والماضى أمام أعيننا . وان ذهن الانسان ، الذى وصل بعلم الفلك الى الكمال ، يعكس قدرا ضئيلا من هذا الذكاء ، ذلك أن الكشوف التى توصل اليها الانسان فى علمى الميكانيكا والهندسة ، الى جانب الجاذبية العامة ، قد مكنته من أن يحيط بماضى نظام العالم ومستقبله فى تعبير تخيلى واحد . وعندما استخدم نفس الأسلوب فى موضوع آخر من مواضيع معارفه نجح فى أن يرجع الظواهر المشابهة الى قوانين عامة وفى أن يتنبأ بالظواهر الأخرى التى تنتج عن ظروف بذاتها . وكافة هذه الجهود فى البحث عن الطبيعة تقرب ذهن الانسان من ذلك القدر الكبير من الذكاء الذى تحدثنا عنه ، ذلك القدر الذى سظل دائما بعيدا عن متناول الانسان . هذا الاتجاه الذى يميز الانسان هو الذى يجعله أرقى من الحيوانات ، والتقدم فى هذا المجال هو الذى يميز الشعوب والعصور ويمثل مجدها الحقيقي .



ولقد اشترك لابلاس مع الكيميائى الكبير أنطوان لافوازييه فى القيام بتجارب تهدف الى تحديد الحرارة النوعية لعدد من المواد ، وصمما جهازا يسمى المسعر الثلجى ، يقيس الحرارة من معرفة كمية الثلج التى تذوب ، وهى طريقة استخدمها من قبل الكيميائى الاسكتلندى جوزيف بلاك والألمانى جوهان كارل ويلك .

لايلاس

وبينما ازدهر لايبلاس من الناحيتين السياسية والمالية ، مات لافوازييه على حد المقصلة - عين لايبلاس عام ١٧٨٤ « ممتحنا في مدرسة المدفعية الملكية » ، وهو مركز مريح أتاح له أن يمتحن طالبا يبدو عليه الذكاء ، لا يتجاوز السادسة عشرة من عمره ، اسمه نابليون بونابرت - وظلت هذه العلاقة مزدهرة فترة عشرين عاما أصاب لايبلاس فيها كثيرا من الغنم - وكان لايبلاس يدرس الرياضيات ، مع لاجرانج ، في « معهد المعلمين » ، وصار عضوا ثم رئيسا لمكتب الأطوال ، وعاون في ادخال النظام العشري واقترح استخدام تقويم جديد قائم على بعض الحسابات الفلكية ، مسائرا في ذلك روح الاصلاح التي صاحبت الثورة -

وهناك ما يدعو الى الاعتقاد أن ظلالات من الشك أحاطت بلايبلاس خلال فترة قصيرة في أثناء الثورة ، وأعفى من لجنة الموازين والمقاييس - غير أن لايبلاس تمكن من الاحتفاظ برأسه ، بل وكسب أمجادا جديدة - كان يتمتع بالقدرة على ركوب الأمواج المتلاطمة في العصر الذي كان يحيا فيه ؛ ففي ظل الجمهورية كان جمهوريا عنيفا يعلن عن « بقضه الذي لا يخمد للملكية » ، وما ان استولى نابليون على السلطة في التاسع من نوفمبر عام ١٧٩٩ حتى ألقى لايبلاس من على كاهليه ثوب الجمهورية وصار من أكثر أنصار الحاكم حماسة ، وساعده في التحضير للحملة على مصر - ولم يلبث نابليون أن كافأ لايبلاس بأن أسند اليه وزارة الداخلية - وفي نفس الليلة التي عين فيها وزيرا أمر بصرف معاش قدره ألفان من الفرنكات - لأرملة العلامة المعروف جين بيلى الذي أعدم خلال فترة الارهاب - وفي صبيحة اليوم التالي حملت

بداًم لابلان معاش ستة أشهر الى أسرة هذا « الضحية من ضحايا العصر » . كانت هذه « بداية نبيلة » ، كما يقول فرانسوا أرجوا الذي كان أحد مریدی لابلان ، غير أنه من الصعب أن نجد عملاً نبيلاً آخر قام به لابلان خلال عمله وزيار ، ذلك المنصب الذي ظل يحتله لفترة ستة أسابيع فحسب . وعندما كتب نابليون مذكراته في جزيرة سانت هيلينا علق على كفاءة لابلان قائلاً : « كان لابلان رجلاً ادارياً ضعيفاً يبحث عن الرقة في كل مكان ويمزج شئون الحكومة بالأشياء المتناهية في الصغر » . غير أن نابليون أراد أن يطيب خاطره بعد اخراجه من الوزارة فجعل منه عضواً في مجلس الشيوخ ، ثم رئيساً للمجلس عام ١٨٠٣ .

كم وجد المؤرخون المتعة وهم يصفون مهارة لابلان في الجري مع الأرانب والصيد مع الكلاب ! ولعل مقدمات الطبقات المختلفة لكتبه أبلى دليل على ذلك . لقد أهدي الطبعة الأولى من كتابه « نظام العالم » عام ١٧٩٦ الى مجلس الخمسمائة . وفي عام ١٨٠٢ أهدي الجزء الثالث من كتابه « حركة الأجرام السماوية » بكلمات ملؤها التقديس الى نابليون الذي حل مجلس الخمسمائة . وفي عام ١٨١٢ أهدي لابلان الطبعة الجديدة من كتابه « نظرية تجليلية في الاحتمالات » الى « نابليون العظيم » . وفي الطبعة التي أصدرها عام ١٨١٤ أثنى لابلان هذا الاهداء وكتب بدلاً منه : « ان حساب الصدف كان يمكننا من أن نتنبأ ، بدرجة كبيرة من الاحتمال ، بسقوط الأباطرة الذين يحلفون بالسيطرة على العالم » . لقد جعل نابليون من لابلان كونتاً ،

وفى ١٨١٤ مكنه هذا اللقب من أن يشترك فى إصدار القانون الذى يقضى بنفى ذلك الرجل الذى جعل منه كوتتا . وعندما عادت أسرة البوربون كان لابلاس أول من تمرغ عند أقدامها ، وكانت مكافأته أن صار ماركيزا .

★★★

لم يكن لابلاس رجلا شريرا أو خبيثا ، كان يمد يد المساعدة الى كثير من العلماء الشبان . وفى مسقط رأسه فى أركوى كان يحيط نفسه بعدد من الشبان الذين يسبزون على نهجه الفكرى مثل أراجو العالم فى الفلك والفيزياء وعالم الفيزياء جين بيو المعروف ببحوثه عن استقطاب الضوء ، والبارون ألكستدر فون همبولدت الرحالة الألمانى وعالم الحياة الشهير ، وجوزيف نجائى لوساك عالم الكيمياء والطبيعة الكبير وسيمون بواسون عالم الرياضيات اللامع . ويحكى بيو أنه جاء الى لابلاس فى أحد الأيام وقرأ عليه بحثا عن نظرية المعادلات ، وبعد أن استمع لابلاس الى البحث أخذ بيو وأخرج له «أوراقا صفراء قديمة توصل فيها الى نفس النتائج وطلب منه أن يحفظ الأمر سرا بينهما» . وهكذا ، بعد أن أرضى لابلاس ذاته طلب الى العالم الشاب أن ينشر بحثه ولا يذكر شيئا عن النتائج التى توصل اليها من قبله .

ومهما كان الاعجاب العام بعبقرية لابلاس العلمية ، فانه لم يقلل من عدم الثقة التى يشعر بها الجميع ازاءه نتيجة لسرعة تلونه السياسى . ولعل أخف معاصريه وطأة عليه كان يصفه « بالرونة » . وكان الجميع يقارنونه بقسيس براى الذى كان بدوره سريع التلون . كان من أتباع البابا مرتين ، وكان بروتستنتيا مرتين ، ودافع عن نفسه قائلا : « اذا

كنت قد غيرت ديانتى فانتى ظلمت وفيما لمبدئى وهو أن أحيا واموت قسيسا لبرائى » . وكان فى وسع لابلاس أن يدافع عن نفسه بكلمات مماثلة .

أما عن حياة أسرته وعاداته الشخصية فنحن لا نعرف عنها الا القليل . يبدو أن زواج لابلاس بشارلوت دى كورتى دى رومانج ، الذى تم فى عام ١٧٨٨ ، كان زواجا موفقا . رزق لابلاس بابنة وابن يدعى اميل ترقى فى سلك الجيش حتى بلغ مرتبة الجنرال فى المدفعية . كان لابلاس فى سنيه الأخيرة يمضى كثيرا من وقته فى أركوى حيث يمتلك منزلا الى جوار منزل عالم الكيمياء الكونت دى برثيلو . وهناك فى مكتبه ، حيث تطل صورة راسين المؤلف الحبيب الى قلبه فى وجه صورة نيوتن ، كان لابلاس يواصل دراساته « بهمة لا تعرف الكلل » ، وكان يقابل « زواره البارزين الوافدين من كافة أنحاء العالم » . ومات لابلاس فى الخامس من مارس عام ١٨٢٧ قبل أن يحتفل بعيد ميلاده الثامن والسبعين بعدة أيام . ولما كان مطلوبا من الرجال البارزين أن ينطقوا كلمات خالدة قبل انتقالهم الى العالم الآخر ، فقد قيل ان لابلاس أنهى حياته بهذه العبارة : « ان ما نعرفه قليل وما نجهله كثير » . غير أن دى مورجان الذى لاحظ أن هذه العبارة تكاد تماثل ما قاله نيوتن عن الحصى وشاطئ بحر المعرفة أعلن أن كلمات لابلاس الأخيرة ، كما عرفها من مصادر الثقة ، كانت : « ان الانسان يسير وراء الأشباح » .



القسم الثاني
النظام الجديد للعالم

وليام ريوان هاملتون

بُعِلَ أعظم عالم فى الرياضيات جاء بعد نيوتن بين الشعوب الناطقة بالانجليزية هو وليام ريوان هاملتون الذى ولد عام ١٨٠٥ ومات عام ١٨٦٥ . ولقد عانت شهرته تقلبات غريبة ، فعلى حين كان خلال حياته رجلا شهيرا دون أن يفهمه الناس ، خففت شهرته بعد موته وصار معتبرا من علماء النصف الثانى ، وفى القرن العشرين بعثت شهرته من جديد وعاد محلا للاهتمام والتقدير .

أما عن أسلاف هذا العالم فليس لدينا الكثير . كان أبوه محاميا فى مدينة دبلن ، وكان هو الذى دافع عن الوطنى الايرلندى الطريد أرشيبالد هاملتون ريوان ، وتمكن من إلغاء الحكم الذى صدر ضده . وعن ريوان الذى كان حاضرا حفل تعميد وليام الطفل أخذ الطفل اسمه الثانى . ولم يكن أبواه هما اللذين تكفلا بتربيته ، فعندما بلغ حوالى العام من عمره أو كلا تربيته لعمه جيمس أحد رجال الكنيسة فى تريم ، وهى بلدة صغيرة تقع شمال دبلن وعلى مبعدة ثلاثين ميلا منها . فى هذه البلدة عاش وليام الصغير حتى بلغ العمر الذى يؤهله لدخول الجامعة ، غير أنه كان يزور دبلن بين المقيمة والفينة .

وما ان بلغ وليام الثالثة من عمره حتى كان بوسعه ان يقرأ الانجليزية بسهولة ، وفي الخامسة كان يستطيع ان يقرأ ويترجم اللاتينية والاغريقية والعبرية ، وفي الثامنة اضاف الى هذه اللغات الثلاث الايطالية والفرنسية ، وقبل ان يبلغ العاشرة كان يدرس العربية والسانسكريتية . وعندما بلغ الرابعة عشرة كتب خطابا بالفارسية الى سفير فارس الذي كان في زيارة الى مدينة دبلن . ونحن لا نعلم هل يرجع الفضل في ذلك الى أسلوب عمه في التريبة او الى مواهب خاصة كان يتمتع بها .

وكان الفتى الصغير يحب الكلاسيكيات والشعر ، غير أن مركز اهتمامه ومجرى حياته تغيرا تماما وهو في الخامسة عشرة من عمره عندما قابل شخصا يدعى زيرا كوليرن ، وهو شاب أمريكي جاء دبلن ليعرض مقدرته الخارقة في الحساب السريع جدا . كتب هاملتون فيما بعد يقول : «لفترة طويلة بعد ذلك كنت أجد متعة في القيام بحسابات طويلة في ذهني مستخرجا الجذور التربيعية والتكعيبية وكل ما يتعلق بنواصير الأعداد » . وقرر وليام أن يمضي حياته في دراسة الرياضيات . قال في هذا الصدد : « ليس ثمة ما يرقى العقل أو يرفع الانسان فوق زملائه من البشر أكثر من البحوث العلمية » . من ذا الذي لا يفضل شهرة أرشميدس على شهرة القائد مارسيلاس الذي انتصر عليه ؟ . . . لقد تضافرت العقول الكبيرة في كافة العصور لبناء معبد العلم الرائع الفخم ، ونقش أسمائهم الخالدة عليه ، غير أن هذا الهيكل لم يكتمل ومازال يوسع المرء أن يضيف عمودا هنا

أو حلبة هناك وأنا لم أكد أصل الى قاعدة ذلك الهيكل ،
غير أنى أتمنى أن أصل يوما الى قمته » .

★★★

ولا نلث أن نقابل فى مذكراته اليومية عبارات مثل
« قرأت كتاب الحياة الذى وضعه نيوتن » و « بدأت فى
قراءة الأسس لنيوتن » . وعندما بلغ السادسة عشرة تعرف
على كتاب « حركة الأجرام السماوية » للابلاس . (جاء فى
مذكراته فى ذلك الوقت : « ظللنا نستيقظ ، أنا وعمى ،
لعدة أيام قبل الخامسة صباحا . ما ان تحين الخامسة حتى
يجذب عمى خيطا لديه يخترق الحائط وأربطه فى قميصى .
قبل أن أنام ») . وفى عام ١٨٢٣ التحق هاملتون بكلية
ترينتى بديل بعد أن سبقته الاشاعات الخاصة بقوام
الذهنية الغريبة ناعته اياه « بهاملتون الأعجوبة » . وفى
الكلية كان تقدمه رائعا ، سواء فى الامتحانات أم فى البحوث
الأصيلة . وعندما بلغ الحادية والعشرين من عمره ، قدم
للاكاديمية الملكية الايرلندية بحثا بعنوان « نظرية عن أنظمة
الأشعة » تعتبر فى الواقع فتحا لعلم جديد هو البصريات
الرياضية .

★★★

كان هدف هاملتون فى هذا البحث أن يعيد بناء هندسة
الضوء بايجاد وسيلة موحدة لحل كل مشاكل ذلك العلم .
بدأ من القواعد المعروفة التى تقول بأن شعاع الضوء يسير
دائما فى المسار الذى يستغرق أقل وقت (حسب نظرية
الموجات) أو أقل « فعل » (حسب نظرية الكريات) عندما
ينتقل من نقطة الى أخرى . ينطبق هذا القول سواء كان

المسار خطأ مستقيماً أو منحني نتيجة الانكسار • وكانت إضافة هاملتون هي اعتبار هذا الفعل (أو ذلك الزمن) كدالة لمواقع النقط التي يسير الضوء بينها ، وتبيان أن هذه الكمية تتغير مع تغير احداثيات هذه النقط وفق قانون أطلق عليه « قانون الفعل المتغير » • لقد أوضح هاملتون أن جميع البحوث المتعلقة بنظام من الأشعة الضوئية يمكن اختزالها إلى دراسة هذه الدالة الوحيدة • وكان كشف هاملتون لهذه « الدالة المميزة » ، كما سماها ، نصراً رائعاً للعبقرية العلمية • لقد عرضه لأول مرة عندما كان في الحادية والعشرين من عمره •

• وكان من نتيجة ذلك البحث أن تغيرت ظروف هاملتون تغيراً كبيراً ، ذلك أن كرسى الأستاذية في الفلك ، وكان شاغله يتقاضى مرتباً سنوياً قدره ٢٥٠ جنيهها ، ويضفى على شاغله لقب الفلكي الملكي لايرلندا ، قد صار شاغراً عام ١٨٢٦ عندما عين شاغله جون برينكلي الموقر أسقفاً لكليون • وهو المركز الذي احتله في وقت ما الفيلسوف الكبير جورج بيركلي • وأنتخب هاملتون خليفة لبرينكلي بعد بضعة أشهر من تخلي الأخير عن هذا المنصب • وكان انتخاب شاب لم يتخرج بعد لاحتلال كرسى الأستاذية حدثاً غريباً أدى إلى بعض النتائج العجيبة • ولتذكر على سبيل المثال أن حامل لقب الفلكي الملكي يخول له أن يختبر المتقدمين لنيل جائزة القس لو ، وهي جائزة في الرياضيات يتقدم إليها الخريجون ، وهكذا كان الشاب الذي لم يتخرج بعد يختبر الخريجين في فروع الرياضيات العليا •

وعلى حين كان المنيع يقدرون الشرف الذي أبتغ على هاملتون بتعيينه في هذا الكرسي إلا أن البعض كان يرى من

الحكمة أن يرفض هاملتون هذا العرض ، ذلك لأنه كان من المؤكد أنه سينتخب بعد عام أو عامين زميلا في كلية ترينتي وهو مركز يدر له دخلا أكبر ويفسح أمامه فرصا أوسع ، غير أن الدافع الأساسي الذي دفع هاملتون الى قبول العرض هو أن كرسى الفلك وظيفته أساسها البحث العلمي ، ومركز الزمالة يتطلب منه صرف جهود كنسية ، والقيام فيما بعد بواجبات المعلم والمدرس الى جانب واجبات أخرى تستغرق معظم وقته . والذي لا شك فيه أن معدات البحث في المرصد الفلكي كانت فقيرة غاية ما يكون الفقر ، ولكن هاملتون ، والذين انتخبوه ليحتل ذلك المركز ، كانوا يهدفون الى ايجاد وضع ييسر له أن يستمر في بحوثه النظرية التي بدأها بكل روعة بذلك البحث عن « أنظمة الأشعة » . . .

ولقد كان على هاملتون أن يعطي سلسلة من المحاضرات في علم الفلك ، وكانت عاداته أن يناقش في هذه المحاضرات العلاقة بين الفلك والعلوم الفيزيائية بشكل عام ، وكذلك العلاقة بين الفلك والميتافيزيقا وكافة ميادين الفكر المرتبطة بها . وكانت محاضراته شاعرية ومثقفه بحيث جذبت ، الى جانب تلاميذه ، عديدا من الأساتذة . وعندما دار الحديث عام ١٨٣١ عن احتمال نقله الى كرسى الرياضيات ، أصر المجلس على أن يبقى كما هو ورفع مرتبه الى ٥٨٠ جنيه في العام وسمح له بأن يكرس بحوثه في ميدان الرياضيات .

★★★

وفي عام ١٨٣٢ ، أعلن هاملتون للأكاديمية الايرلندية الملكية كشفا مهما في ميدان البصريات يعتبر امتدادا لنظريته عن أنظمة الأشعة . كان معلوما أن بعض البلورات

ذات المحورين ، مثل التوباز والأراجونيت يعطى شعاعين منكسرين ، الأمر الذى يؤدى الى ازدواج فى الصورة . ولقد وضع أوجستين فرنزل القرنسى قواعد الانكسار المزدوج ثم جاء هاملتون وفحص قانون فرنزل فى ضوء طريقتيه العامة ، واستنتج أنه فى حالات خاصة قد يسقط شعاع واحد على بلورة ذات محورين وتكون النتيجة لا شعاعين فحسب ولكن عددا لا نهائيا من الأشعة المنكسرة مكونة مخروطا ضوئيا ، وفى حالات خاصة أخرى يؤدى سقوط شعاع واحد على نفس البلورة الى تكوين مخروط ضوئى مختلف . وبناء على ذلك اقترح هاملتون ، على أساس نظرى ، قانونين جديدين للضوء أطلق عليهما الانكسار المخروطى الداخلى والانكسار المخروطى الخارجى ، وسرعان ما تحقق عالم الفيزياء همفري لويدي فى دبلن وصديق هاملتون من هذين القانونين بشكل عملى :

وفى عام ١٨٣٤ كتب هاملتون ، ولما يبلغ التاسعة والعشرين من عمره ، الى عمه قائلا : « اننى أمل وأهدف الى اعادة بناء علم الديناميكا بأكمله ، وبأوسع معانى الكلمة ، على أساس فكرتى عن الدالة المميزة » . وانطلق بعد ذلك ليطبق هذه القاعدة على حركة مجموعة من الأجسام ، وفى العام التالى عبر عن معادلات الحركة بشكل يبين الازدواج القائم بين مركبات كمية الحركة فى المجموعة الديناميكية واحداثيات موضعها . ولم يدرك علماء الفيزياء والرياضيات أهمية هذا الازدواج الا بعد أن مر قرن كامل ، وبعد أن نشأت نظرية الكم .

وفى عام ١٨٣٥ أنعم على هاملتون بلقب فارس ، وبعد عامين انتخب رئيسا للأكاديمية الملكية الايرلندية . ولكن

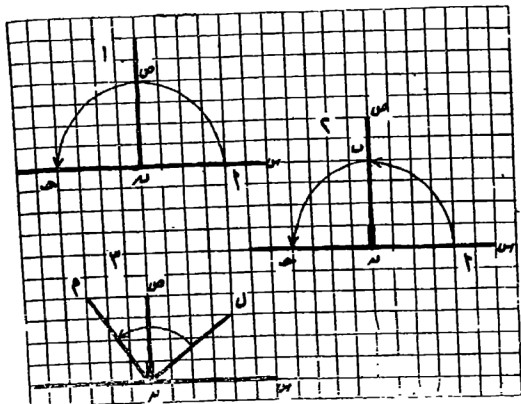
حياته الخاصة كانت أقل توفيقا . كان قد شيد لنفسه منزلا عندما عين أستاذا وأقام فيه مع ثلاث من شقيقاته ، على رابية تبعد خمسة أميال من دبلن والى جوار مرصد دنسينك . وعندما بلغ السادسة والعشرين من عمره أحب هيلين ماريا ببلي ابنة مدير سابق فى كونتى تيبيري . وعندما تقدم لخطبتها رفضت أول الأمر ، ولكنها قبلته آخر الأمر وتم الزفاف فى اليوم التاسع من أبريل عام ١٨٣٣ . ولقد كتب هاملتون خطابا الى صديق له يعبر فيه عن « خجل زوجته الشديد ورقتها » ، ذلك الخجل وتلك الرقة اللذان زادا بعد الزواج ، ورزق هاملتون بولدين وبنات خلال ست سنوات ، غير أن الزوجة لم تجد لديها القدرة على مباشرة شئون المنزل وتركت دنسينك لتعيش مع أختها المتزوجة فى انجلترا . وعادت الزوجة عام ١٨٤٢ ولكن الأحوال لم تتحسن فى المنزل ، ومنذ ذلك الوقت والعالم الكبير لا يتناول وجباته فى مواعيدها المحددة ، وبدأ فى تعاطى الخمور لدرجة خطيرة .

وعندما أوليت شرف احتلال كرسي هاملتون عام ١٩٠٦ ، بعد سنين طويلة من وفاته ، قابلت كثيرين ممن كانوا يعرفونه شخصيا . وتروى كثير من القصص عن حياته فى القرية . وفيما يلى احدى هذه القصص الطريفة . كان العالم ، الذى تربى فى المدينة ولا يعرف من شئون الفلاحة الا النزر اليسير ، يشرف على قطعة من الأرض تبلغ ١٧ فدانا الى جوار مرصد دنسينك ، واشترى بقرة لتدر اللبن لآل منزله . وبعد فترة من الوقت بدأت كمية اللبن تقل ، وهذا أمر طبيعى جدا ، غير أن هاملتون ذهب ليستشير أحد

جيرانه الفلاحين - وأجاب الفلاح بأن السبب في ذلك إنما هو تلك الوحدة القاسية التي تحيط بالبقرة - وتسأل هاملتون هل من الممكن أن نوجد لها رفقاء يقضون على هذه الوحدة ، ووافق الفلاح على أن يجعل مواشيه ترمى في مراعى هاملتون الغنية بعد أن تقاضى من العالم أجرا على ذلك !

★★★

وبالرغم من الظروف الصعبة التي كان يحيا فيها هاملتون ، فإن نشاطه العلمى لم يتوقف - وفى عام ١٨٤٣ توصل الى كشف عظيم ، هو حساب الرباعيات .
توصل الى هذا الكشف بعد تفكير طويل فى مشكلة العثور على قاعدة عامة لحساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة خطوط مستقيمة عند معرفة اتجاهات هذه الخطوط . هذه المستقيمات ذات الطول المحدد والاتجاه المحدد تعرف بالمتجهات . ومن المعلوم أن أى متجه فى مستوى معين يمكن تمثيله بعدد مركب أى بعدد يتكون من عددين واحد منهما حقيقى والآخر تخيلى أو $s + \sqrt{-1}$ ص (ومن المعتاد أن يعبر عن جذر -١ ، وهو عدد تخيلى ، بالحرف i بحيث يصبح للعدد السابق $s + i$ ص) وإذا عبرنا عن الأعداد الحقيقية بمسافات تؤخذ على المحور السينى لرسم بيانى ، فإن ضرب أى عدد منها فى -١ ، الشئ الذى يؤدى الى تحويله الى نفس العدد ولكن بإشارة سالبة ، يمكن اعتباره بمثابة دوران هذا الخط خلال زاوية قدرها ١٨٠ درجة ؛ هذا على حين يعتبر ضرب العدد فى i أو جذر -١ يعتبر بمثابة دوران الخط خلال زاوية قدرها ٩٠ درجة (انظر الرسم ص ٩١) .
وعلى ذلك فإن الأعداد التخيلية تمثل على المحور الصادى ،



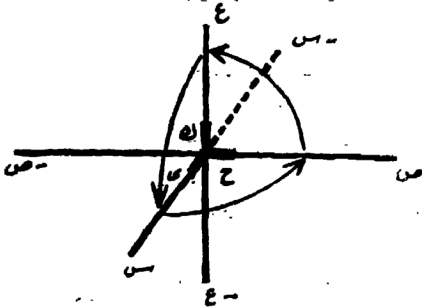
يستخدم العدد المركب ، الذي يتكون من عدد حقيقي وآخر خيالي هو جذر - ١ ، لوصف طول واتجاه مستقيم معين . وعندما تجمع الأعداد المركبة أو تطرح أو تضرب تكون العملية بمثابة عملية هندسية مثل الدوران . في الشكل رقم (١) يضرب المستقيم ن ١ الذي يمثل العدد $٤ + ٤$ في الكمية - ١ . فيتحول إلى المستقيم ز ج أو - ٤ . هذا الضرب في - ١ يساوي عملية دوران خلال ١٨٠ درجة . وفي الشكل رقم (٢) تتم عملية الضرب على مرحلتين أي يضرب أولاً في $\sqrt{-١}$ ثم مرة أخرى في $\sqrt{-١}$ (يكتب جذر - ١ عادة i) وعلى ذلك يمكن اعتبار الضرب في الكمية i بمثابة دوران خلال ٩٠ درجة . يؤدي ذلك إلى ظهور فكرة قياس المسافات التخيلية على المحور الصادي وذلك بجعل i وحدة المتجه ، على ذلك المحور . ويوضح الشكل رقم (٣) أن الضرب في i يعد بمثابة دوران ٩٠ درجة حتى ولو كانت نقطة البدء لا تقع على المحور السيني ، فالمستقيم من نقطة ن (س = صفر ، ص = صفر) إلى نقطة ل (س = ٤ ، ص = ٣) يمكن تمثيله باستخدام الأعداد المركبة على النحو التالي : $٣ + ٤i$. فإذا ضربنا هذا العدد في i ، فأننا منحصل على $٤ + ٣i$ أو $٣ - ٤i$. وهذا العدد الأخير يمثل المستقيم ن م (س = ٣ ، ص = ٤) ، أو دوران المستقيم ن ل بمقدار ٩٠ درجة .

ويمكن اعتبارى تمثّل وحدة على هذا المحور ، أو « وحدة المتجه » . ان أى متجه يمكن ، اذن ، أن يعبر عنه بعدد مركب يمكن تحليله الى خط على المحور السينى وآخر على المحور الصادى . مثل هذا المزدوج ، الذى يتكون من عددين ، تنطبق عليه قوانين الجبر التى تنطبق على العدد الواحد : فمن الممكن جمع المزدوجات وطرحها وضربها وقسمتها حسب القواعد العامة . كما يمكن حساب الحد الرابع المتناسب لثلاثة متجهات فى مستوى واحد على أساس المعادلة :

$$1م : 2م = 3م : س$$

ولقد استنتج هاملتون أنه يمكن التعبير عن المتجه فى الفراغ ذى الأبعاد الثلاثة باستخدام ثلاثة أعداد ، أو بثلاثية ، تماما مثل التعبير عن المتجه على سطح بعددين أو بمزدوج . وفكر فى الحصول على الحد الرابع المتناسب باستخدام طريقة ضرب الثلاثيات غير أنه قابل كثيرا من المصاعب . ولقد شاركه أطفاله الآمال والقلق يوما بعد يوم ، وكثيرا ما كان يسأله ولیم اذوين (وعمره تسعة أعوام) أو أرشيبالد هنرى (وعمره ثمانية) ، وهم يتناولون طعام الافطار : « حسنا يا والدئى ، هل تستطيع الآن ضرب الثلاثيات ؟ » ، فكان الأب يهز رأسه فى أسى ويجيب : « كلا ، ليس فى ميسورى سوى أن أجمعها أو أطرحها » .

وفي يوم من الأيام ، فى حين كان هاملتون يسير من دنسينك الى دبلن ، لمعت فى ذهنه فكرة كفيلة بحل مشكلته : ان العمليات الهندسية فى الفراغات ذات الأبعاد الثلاثة ، تتطلب لوصفها رباعيات لا ثلاثيات . لكى يحدد المرء العملية اللازمة لتحويل متجه الى آخر فى الفراغ ، ينبغى معرفة أربعة



يستخدم الجبر غير التبادلي لتمثيل العمليات الهندسية في ثلاثة أبعاد . يمثل المتجه في ثلاثة أبعاد في نظام من الإحداثيات بثلاثة محاور متعامدة على بعضها البعض (مجاور من يتجه إلى القارئ ، ومحورى من ، ع على مستوى الورقة) باستخدام ثلاثة متجهات. كل منها وحدة i ، j ، k . ويعنى الضرب في i دوران 90° درجة في المستوى المتعامد على متجه i أى مستوى $j-k$ ، وكذلك الضرب في j أو k يعطى نفس المعنى كما تشير الأسهم . والآن يمكن أن ترى أن ضرب $i \times j$ يؤدي إلى دوران j إلى k ، ومن الناحية الأقرب فإن ضرب $j \times k$ يؤدي إلى دوران k إلى i ، بحيث أن $i \times j = k$ ؛ ولكن $j \times i = -k$. أى أن عملية الضرب ليست تبادلية : $i \times j \neq j \times i$

أعداد : (١) النسبة بين طول المتجهين ، (٢) الزاوية بينهما ،
 (٣) العقدة ، وأخيرا (٤) ميل كل منهما على الآخر .
 وأطلق هاملتون على هذه الأعداد الأربعة اسم الرباعية ،
 ووجد أن في ميسوره أن يضرب الرباعيات كما لو كانت
 أعدادا مفردة . غير أنه كشف عن أن قواعد الجبر التي
 تنطبق على الرباعيات تختلف عن قواعد الجبر العادية في
 نقطة واحدة هي أنها غير تبديلية . وهذه الكلمة تتطلب
 بعض التفسير . عند ضرب 2×3 فإن الناتج يماثل
 الناتج الذي نحصل عليه إذا ضربنا 3×2 . إن قانون
 الضرب التبادلي ، كما يسمى ، يمكن تضمينه في المعادلة
 الجبرية الآتية : $a \times b = b \times a$. وهذا القانون ينطبق على
 الأعداد التخيلية بقدر ما ينطبق على الأعداد الحقيقية . غير
 أنه لا ينطبق على الرباعيات ، لأن هذه الرباعيات تصف
 عمليات هندسية مثل الدوران . وبين الرسم (في الصفحة
 ٩٣) سبب ذلك . إنه يمثل ثلاثة محاور متعامدة ، يقع
 المحوران الصادي والعيني منها على مستوى الورقة ، على حين
 يتجه المحور السيني والصادي والعيني على التوالي . ويعني
 الضرب في i حدوث عملية الدوران ضد عقرب الساعة وعلى
 سطح الورقة خلال 90° درجة . أما الضرب في j أو في k
 فيعني حدوث عمليات دوران في مستوى متعامد على سطح
 الورقة . والآن ، فإن ضرب $j \times i$ يؤدي إلى دوران j حتى
 تصل إلى k ، بمعنى أن $j \times i = k$. أما ضرب $i \times j$ فيؤدي
 إلى دوران i حتى تصل إلى $-k$ ، أي أن $j \times i = -k$ ومن
 ثم فإن $j \times i$ لا تساوي $i \times j$.

★★★

« وكان انكسار القانون التبادلي خروجا كبيرا على التقاليد ، بل كان بمثابة بدء عهد جديد » وسرعان ما سرى نبتا هذا الكشف بسرعة كبيرة وأدى الى انبعاث موجة من الاهتمام فى دبلن بين الكتيرين من ذوى المراكز الرفيعة ، تماثل الموجة التى ظهرت فى لندن بعد ذلك عندما كشف أينشتين نظرية النسبية العامة ، وعندما دعا اللورد هالدين أينشتين لمقابلة أسقف كانتربري الكبير على الغداء . وكثيرا منا كان هاملتون يقابل الأرسقراطيين الانجليز أو الايرلنديين فى الشارع فيستوقفونه قائلين : « بحق الشيطان ، ما هذه الرباعيات ؟ » ولكى يرضيهم هاملتون نشر كتابه الطريف « خطاب الى سيدة » ، فسر فيه هذه الكلمة بقوله : « انها توجد ، مثلا ، فى الانجيل ، عندما أوكل هيرود الى بطرس الرسول مهمة قيادة أربع رباعيات من الجنود . . . » واذا أخذنا مثلا آخر أقرب إلينا وأكثر طرافة ، فان الكلمة وردت فى قصة سكوت « جاى ماترنج » ، حيث قال سكوت ان السير روبرت هازلوود يخشع عباراته الطويلة « بالثلاثيات والرباعيات » .

ومنذ ذلك الوقت حتى مات ، بعد اثنين وعشرين عاما ، عمل هاملتون على تطوير هذا الحساب الجديد . وكان الحزن والوحدة يخيمان عليه خلال الجزء الأغلب من هذه السنين ؛ فكثيرا ما كانت زوجته تمرض أو تغيب عنه . وكان يعمل طوال النهار فى قاعة الغداء الموجودة بالمركز ، حيث يحمل اليه الطاهى من وقت الى آخر شريحة من لحم الضأن . (وبعد أن مات وجدت بين أوراقه صحنون بها عظام من قطع الضأن التى كان يأكلها)

وسرعان ما تبع كشف هاملتون كشوف أخرى جديدة في الجبر مثل نظرية المصفوفات ، وهي كذلك غير تبادلية .
 انه وضع اللبنات الأولى لمدرسة رائعة في الرياضيات ، بالرغم من أن هذه المدرسة لم تزهر وتؤت ثمارها الا بعد نصف قرن من الزمان . أذكر أنني كنت أناقش الفريد نورث هوايتهد عام ١٩٠٠ عن مستقبل الرباعيات ، وقواعد الجبر غير التبادلية الأخرى ، في مجال علم الفيزياء ، وكان رأي هوايتهد أن علم الفيزياء يمكن معالجته الآن بقواعد الجبر العادية ، غير أنه من المحتمل أن تتفتح آفاق جديدة في علم الفيزياء لا تنطبق فيها الا قواعد الجبر غير التبادلية . وفي نفس ذلك العام بدأت هذه النيومة تدخل دور التحقيق ، ذلك أن ماكس بلانك استخدم الكمية ه عندما بدأ في وضع نظرية الكمات . ومن المعلوم الآن أن ه هي كمية الفعل ، وأن الفعل كان التعبير الرئيسي في نظام الديناميكا الذي وضعه هاملتون . وهكذا بدأت تبرز أفكار هاملتون عن الديناميكا ، وإن كان ذلك حدث ببطء كبير . وعندما نشرت كتابي « الديناميكا التحليلية » عام ١٩٠٤ وجه الى نقد قاس ، لأنني كرست جزءا كبيرا منه في معالجة موضوعات مثل ازدواج عزوم الاجداثيات ، وكمية الحركة ، وغير ذلك من الأفكار التي قدمها هاملتون . وكان النقاد يعتبرون أنها أقرب ما تكون الى التلاعب الرياضي .

واستمر العمل الجاد بالرغم من كل شيء . وأدى كشف نظرية النسبية الخاصة الى بروز فكرة الرباعيات ، ذلك أن آرثر كيلى بجامعة كامبريدج كان قد أوضح منذ عام ١٨٥٤ أن الرباعيات يمكن استخدامها لتمثيل عمليات الدوران في

الفراغ ذى الأبعاد الأربعة ، وعبرت نتائجه بشكل جميل عن تحويل لورنز العام . وجاءت الكشوف الجديدة فأكدت مرة أخرى أهمية كمية الحركة التى تظل محفوظة بشكلها فى مختلف الأنظمة التى تتخذ أساسا ، ومن ثم فإنها أكدت دور كمية الحركة الكبيرة فى الفيزياء النسبية .

وفى نفس الوقت بدأ العاملون فى نظرية الكمات يدركون أن مفاهيم هاملتون الديناميكية يجب أن تكون أساس كافة قواعد تقدير الكمات . وفى عام ١٩٢٥ أدخل ورنر هيزنبرج وماكس بلانك وباسكال جوردان الجانب الآخر من أعمال هاملتون - الجبر غير التبادلى - فى نظرية الكمات ، وذلك بأن بينوا أن معادلات هاملتون فى الديناميكا تنطبق فى هذه النظرية بشرط أن توضع الرموز التى تمثل الاحداثيات والعزوم فى الديناميكا الكلاسيكية كمؤثرات لا تطبق قاعدة التبادل على مضروباتها .

وكان الزمن يقف الى جانب آراء هاملتون عن الازدواج بين الاحداثيات المعممة وكمية الحركة المعممة . اتضح ذلك بكل جلاء عام ١٩٢٧ عندما كشفت قاعدة عدم التحديد لهيزنبرج . وتنص هذه القاعدة على أنه كلما حددنا احداثيات أحد الجسيمات بدرجة أكبر من الدقة ، توصلنا الى معرفة كمية حركته بدقة أقل ، والعكس من ذلك . وحاصل ضرب هاتين الدرجتين من عدم التحديد يدور حول « ثابت بلانك » .

وكان المشتغلون في ميدان ميكانيكا الكمات يميلون الى اعتبار أن نوع الجبر غير التبادلي الذي يتلاءم لأكبر درجة مع مشاكلهم هو المصفوفات أكثر مما هو الرباعيات • ولكن معادلات هاملتون الأصلية ظلت تثمر يوما بعد يوم • وما « مصفوفات اللف » التي توصل اليها ولفجانج باو ، والتي تعتمد عليها نظرية ميكانيكا الكمات عن الدورانات وكمية الحركة الزاوية ، الا وحدات هاملتون الرباعية الثلاث U, H, K • ولقد أوضح آرثر كونواي أن وسائل الرباعيات يمكن أن تستخدم عند مناقشة معادلة $a \cdot b = 1 \cdot m$ • ديراك الخاصة بمقدار اللف في الالكترن ولعل معادلة هاملتون التي صاغها عام ١٩٤٣ تثبت أنها التعبير الطبيعي لعلم الفيزياء الحديث •

ج • ف • فيتزجيرالد

فى السنوات الأخيرة من القرن التاسع عشر . وانا شاب صغير ، كنت أعمل كأحد سكرتيرى قسم الرياضيات والفيزياء فى الجمعية البريطانية لتطور العلوم . وهناك ، عرفت واحدا من العلماء الذين يحضرون الاجتماعات السنوية للجمعية بانتظام وأحد المتكلمين البارزين فى هذه الاجتماعات ، ذلك هو جورج فرانسيس فيتزجيرالد عالم الفيزياء البارز .

وعلى حين كنت أعرف جيدا علماء الرياضيات والفيزياء من كامبريدج وأكسفورد ، اذ كنت أعيش بينهم ، لم أكن أقابل العلماء الايرلنديين الا فى اجتماعات الجمعية البريطانية . (ولعله يجدر بنا أن نذكر فى هذا المجال ، ونحن نعجب ، أن عددا كبيرا من علماء الرياضيات والفيزياء فى القرن التاسع عشر كان من أصل انجليزى ايرلندى ، فهناك وليام ريوان هاملتون وهمفري لويدي وجورج جابريل ستوكس ولورد كلفن وجورج سالون وجوزيف لارمور وفيتزجيرالد) . كان فيتزجيرالد يثير إعجابى ، وكان وجهه يدعو الى الالتفات بلحيته المسترسلة وعينيه الثاقبتين وبهاء طلعه : وكانت خصل شعره الرمادية تضفى عليه جوا من النوقار بالرغم من أنه لم يكن قد تعدى الخمسين عندما مات عام ١٩٠١ . يقول أحد زملائه من غير المشتغلين بالعلم : « انه »

يذكرنى بمظهر الفلاسفة الاغريق الذين لا تملك الا ان تشعر ازاءهم بالاحترام العميق المتبعث من الاحساس بذكائهم وشخصيتهم » .

كان أبوه هو السيد المحترم وليام فيتزجيرالد قسيس كورك وأكثر القساوسة بروزا فى الكنيسة وكانت أمه أخت جورج جونستون ستونى ، أحد علماء الرياضيات والفيزياء الذى يرجع اليه الفضل فى صك كلمة « الالكترون » . وتعلم فيتزجيرالد الصغير فى المنزل . ولعله مما يدعو الى العجب أن نلاحظ أن الكثيرين من الأطفال الذين تعلموا فى منازلهم بإشراف مدرس خاص قد نبغوا فيما بعد ، وأبرز مثل حى على ذلك هو برتراند رسل . أما السبب فى ذلك فلست أنوى بحثه . ولعل المتشائم يقول ان تعليم المدارس يضع جميع التلاميذ فى المرتبة الثانية وان الضرر لا يلحق بأغلب التلاميذ فهم ، على أية حال ، لن يتجاوزوا المرتبة الثانية . ولا شك أن الحظّ خالف فيتزجيرالد عند اختيار مدرسه الخاص اذ لم يكن هذا المدرس سوى أخت جورج بول خالق المنطق الرمزي .

وما ان بلغ فيتزجيرالد السادسة عشرة من عمره حتى التحق بجامعة دبلن حيث حصل ، عام ١٨٧١ ، على درجة ممتازة فى الرياضيات والعلوم التجريبية . وفى تلك الأيام لم تكن هناك درجة دكتوراه ، وكانت الخطوة التالية لمن يرغب فى متابعة دراسته أن يعمل حتى يحصل على لقب الزمالة . وكان مقروضا على الطالب فى دبلن ، لكى يحصل على هذا اللقب ، أن يدرس بعمق كل أعمال الفرنسيين العظام : جوزيف لاجرانج وبير لابلاس وسيمون بويسون

وجين فورييه ، هذا الى جانب أعمال عمالقة دبلن في ميدان الفيزياء الرياضية : هاملتون وجيمس ماك كولا . وأنغمس فيتزجيرالد بعمق في هذه الدراسات ، وجذبت به كذلك الكتابات الميتافيزيقية للفيلسوف الايرلندي جورج بيركلي . وفي عام ١٨٧٧ ، حصل على لقب الزمالة ، وفي عام ١٨٨١ انتخب أستاذا للفلسفة الطبيعية والتجريبية في جامعة دبلن .

★★★

وحتى ذلك الوقت لم تكن ثمة دراسة للفيزياء التطبيقية في دبلن . وكان أول معمل للفيزياء يدرس فيه الطلبة العاديون التجارب العملية ، حسب ما أعلم ، في جامعة أدنبرة ، وفتحه الأستاذ ب . ج . تيت عام ١٨٦٨ . هذا بالرغم من أن وليام تومسون (الذي عرف فيما بعد باسم لورد كلفن) ظل ، لعدة سنوات ، يستخدم أبرز تلاميذه مساعدين له في بحوثه . ولم يتقرر عمل كرسي أستاذية كافنديش في كامبريدج الا عام ١٨٧١ . وما ان عين فيتزجيرالد أستاذا في دبلن حتى أقنع مجلس كلية ترينتي باعطائه معملا كيميائيا غير مستعمل ، وفي هذا المعمل بدأ اعطاء الدروس في الفيزياء التجريبية .

غير أن فيتزجيرالد كان عائلا نظريا في المقام الأول ، وأولى اهتمامه فعلا الى الأمور النظرية . لقد اهتم بمشكلة الأثير ، وقبل رأى نيوتن الشهير : « أنني أعتقد أن افتراض احتمال تأثير جسم في آخر يبعد عنه مسافة دون أن يكون بينهما وسط ما ، بل مجرد الفراغ . . . أمر مضحك وغير مقبول بحيث لا يمكن أن يخطر على بال شخص لديه ملكة

التفكير المتزن في الأمور الفلسفية » . كان فيتزجيرالد ، مثل ديكرات ، مقتنعا بأن الفضاء ، وحتى الفضاء بين الكواكب ، يحتله وسط يمكنه أن ينقل القوى ويؤثر على الأجسام المادية المنغمورة فيه ، بالرغم من أن حواسنا لا تستطيع أن تحس بوجود ذلك الوسط . ولا بد أن يكون لهذا الوسط ، الأثير ، خصائص ميكانيكية . ولكن ، هل هي خصائص المواد الصلبة أو السائلة أو الغازية ؟

كان ديكرات يرى أن هذا الأثير يتكون من جسيمات صغيرة جدا في حالة حركة مستمرة بحيث تضغط الواحدة منها على الأخرى أو تصطدم بها . وفي القرن التالي جاء العالم الفرنسي السويسري جورج لويس لوساج ليقول ، ان هذا الوسط يتكون من عدد لا نهائي من كريات تتحرك بسرعة كبيرة . وهذه الكريات صغيرة جدا لدرجة أن واحدة فقط من كل مائة تقابل أخرى خلال فترة تصل الى ملايين السنين . والأثير ، بهذا الشكل ، يماثل ، لحد أو آخر ، صورة الغاز كما تقدمها نظرية حركة الغازات . والواقع أن الفلاسفة الطبيعيين في القرنين السابع عشر والثامن عشر كانوا يتجهون الى اعتبار الأثير نوعا من الغاز يتخلل كافة الأجسام ، ويملا الفضاء بين الكواكب ، وكانوا يشبهون انتشار الضوء الأثير بانتشار الصوت في الغاز . غير أن هذه النظرية جابهت في أوائل القرن التاسع عشر اعتراضا يستحيل تخطيه ، ذلك أن توماس يونج اكتشف عام ١٨١٧ أن ذبذبات الضوء تكون متعامدة على اتجاه الانتشار ، على حين تقع ذبذبات الصوت في اتجاه انتشاره . وهكذا تصدع التشبيه بين الصوت والضوء في خاصة أساسية . وكان لابد

من تعديل المفهوم الخاص بالآثير . وهنا جاء أوجستين فرنزل عام ١٨٢١ ليقتراح أن الآثير لا يسلك سلوك الغاز ولكنه يسلك سلوك الجسم الصلب المرن ، وفسر الذبذبات المستعرضة بأنها ناجمة عن مقاومة الآثير لمحاولة تغيير شكله .

وكانت الظواهر التي أخذت مرتبطة بالآثير هي الجاذبية والضوء . غير أن هناك آثارا فيزيائية أخرى يمكن أن تنتقل خلال ما يسمى بالفراغ أو الآثير مثل الكهربية والمغناطيسية . ومنذ عام ١٨٠٠ قال يونج : « لعل التجارب تبين لنا في المستقبل ما إذا كان الآثير الكهربى هو نفس الآثير الضوئى ، هذا إذا كان لمثل هذا السائل وجود على الإطلاق » . وكتب ميشيل فاراداي بعد ذلك بخمسين عاما : « من الجائز أن يكون للآثير ، إذا كان موجودا ، فوائد أخرى أكثر من مجرد نقل الاشعاعات » . عندما تؤخذ الآثار الكهربية فى الاعتبار ، يبدو أن أفضل نوع من الآثير هو الآثير السائل . ولقد أوضح اللورد كلفن أن خواص القضيب المغناطيسى تماثل خواص أنبوبة مستقيمة مغمورة فى سائل بحيث يدخل انسائل من أحد طرفيها ويخرج من الطرف الآخر . فإذا اقترب الطرفان المماثلان لأنبوبتين من هذا النوع فانهما يتجاذبان ، وإذا اقترب الطرفان المختلفان فانهما يتنافران . وعلى هذا ، فإن القوى فى هذه الأنابيب تختلف فى اتجاهها عن قضبان المغناطيس ، غير أن قوانين الأثر المتبادل ، فيما عدا ذلك ، تنطبق فى حالة هذه الأنابيب كما تنطبق فى حالة قضبان المغناطيس .



وعندما انبرى فيتزجيرالد ليعالج مشكلة الأثير لم يفرق في المادية الفجة التي تتميز بها كل هذه النظريات . كان يرى أنه ليس من الضروري أن يصف ذلك الوسط بعبارات تنطبق على أنواع المادة المعروفة . والواقع أنه منذ عام ١٨٧٨ أشار الى أنه اذا كانت نظرية ماكسويل الكهربائية المغناطيسية « تدفعنا الى تحرير أنفسنا من ربقة الأثير المادى ، فانها قد تؤدي بنا الى نتائج فى غاية الأهمية متعلقة بالتفسير النظرى للطبيعة » .

وكان يحرك فيتزجيرالد فى بحثه دافعان : الأول اقتناعه بأن أثيرا واحدا يكفى لتفسير كافة الظواهر الفيزيائية ، والثانى ايمان عميق بنظرية ماكسويل الكهربائية المغناطيسية عن الضوء . كان ماكسويل قد نشر نظريته فى الفترة بين عامى ١٨٦١ ، ١٨٦٤ ، غير أنها لم تلق القبول العام لأكثر من عشرين عاما . كان فيتزجيرالد من اقوى المؤمنين بها والمدافعين عنها ، وكان يدرك أن الأثير لا بد أن يتصف بصفات السائل الى جانب صفات الجسم الصلب ، ونجح فعلا فى تقديم صورة تتضمن هذين المطلبين المتعارضين فى الظاهر .

كانت نقطة البدء عنده هى نظرية المادة التي قدمها لورد كلفن : لقد أشار اللورد كلفن الى أنه يمكن تشبيه الفعل المتبادل بين الذرات بسلوك حلقات الدخان التي تقترب الواحدة منها الى الأخرى ثم تعود فترتد عنها ، وكان يرى أن الكثير من صفات الذرات يمكن تفسيره على أساس افتراض أن الذرات تتكون من حلقات زويعية فى سائل

يتصف بالكمال - كان يؤمن بفكرة « الاسفنجية الزوبعية » ،
وهي كتلة من السائل تختلط فيها أجزاء دوارة وأخرى
غير دوارة -

رأى فيتزجيرالد أن فكرة الاسفنجية الزوبعية يمكن أن
تحل المشكلة التي تجابهه ، ذلك أن الخيوط الزوبعية
الموجودة في سائل يتصف بالكمال تعبر عن نوع من الحركة
تظل فيه محتفظة بذاتيتها مهما حدث من تغيرات ، هذا إلى
جانب أنها تضيف على السائل شكلا أو آخر من أشكال
التماسك - أنها تقوم بدور قضبان الصلب التي يصب
فوقها المسلح المقوى ؛ فالسائل يظل سائلا غير أن أجزاء
منه تقاوم التشكيل - أنه يظل سائلا من حيث تركيبه
الدقيق ، ولكنه يكتسب بعض صفات الجسم الصلب من حيث
تركيبه العام -

★★★

وكان من الضروري بعد ذلك التوفيق بين المتجهات
الكهربية والمغناطيسية في نظرية ماكسويل وصفات
الاسفنجية الزوبعية - ولقد فعل فيتزجيرالد ذلك بأن قال
أنه ما دامت الزوبعية في السائل الذي يتصف بالكمال
لا يمكن خلقها أو القضاء عليها ، فإن المجال الكهربى إنما
هو تعديل في نظام استقطاب حركة الزوبعة - ومن الممكن
أن تنتنى الخيوط الزوبعية الطويلة بشكل حلزوني حول
محور متواز مع اتجاه معين - وعندما تنتنى الخيوط بشكل
حلزوني فإن طاقة السائل تزداد بالمقارنة بطاقته إذا كانت

الخيوط مستقيمة ، ويمكن قياس تلك الزيادة فى الطاقة بمتجه مواز لاتجاه الخيوط . وان وجود خيط حلزوني واحد فى السائل يؤدى الى انثناء الخيوط المستقيمة المتوازية المحيطة به ، ومن هذا الأثر يمكن بناء انموذج من نماذج القوة المغناطيسية . وانتقل فيتزجيرالد بعد ذلك الى دراسة ديناميكيات الاسفينجة الزويعية ، وبين أن كثافة الطاقة هى مجموع مربعى كميتين يمكن التعبير عنهما بالكثافة الكهربائية والكثافة المغناطيسية . وعلينا أن نلاحظ أن الظواهر الكهربائية المغناطيسية فى هذا الاثر احصائية فى طبيعتها إذ هى تعتمد على التركيب العام له .

ولقد كتب فيتزجيرالد كثيرا من المذكرات التى طور فيها نظرية ماكسويل الكهربائية المغناطيسية ، اذ كان هو الذى قدم ما يعرف بمعادلات ماكسويل - لورنز التى تربط بين المتجهات الكهربائية والمغناطيسية ومواضع وحركات الشحنات . وكان هو الذى طبق نظرية ماكسويل على دوران مستوى استقطاب الضوء عن طريق عكسه بوساطة مغناطيس ، وعلى مشاكل مثل المجالات الكهربائية والمغناطيسية الناجمة عن الشحنة المتحركة ، ومشكلة الدوران المغناطيسى للضوء الذى كشفه فاراداي وعلاقته بأثر زيمان ، وأثر كير ، وتوليد الطاقة المشعة بوساطة تيار كهربى صغير بحيث تتغير شدة التيار وفق قانون دورى بسيط . وكانت المتذبذبات الكهربائية التى اقترحها قريبة الشبه من تلك التى استخدمها هينريش هيرتز بعد ذلك بعدة سنين فى تجربته التاريخية التى أثبت بها وجود الموجات الكهربائية (ألهرتزية) .

غير أنه من المؤكد أن اسم فيتزجيرالد سيظل دائما مرتبطا بكشفه عن « تقلص فيتزجيرالد » ، وهو افتراض قدمه لتفسير نتيجة غريبة جدا توصل اليها عالما الفيزياء الأمريكان أ.أ. ميكلسون و.أ. مورلي وهما يحاولان قياس سرعة الأرض بالنسبة للأثير . لقد استخدما مدخلا - وهو جهاز لقياس الحيز الطيفي - لمقارنة الزمن الذي يستغرقه الضوء ليقطع مسافة معينة في اتجاه حركة الأرض وفي الاتجاه المتعاود على اتجاه حركة الأرض . كان من المنتظر أن يختلف الطول الضوئي في الحالتين ، غير أن العالمين لم يلاحظا أى فرق على الإطلاق . ولقد أدت تلك النتيجة الى ظهور الرأى القائل بأن الأرض في سيرها تحمل معها الأثير ، غير أنه من الصعب بمكان التوفيق بين هذا الافتراض ونظرية الزيف الفلكي وغيرها من الحقائق المعلومة . وفى حين كان فيتزجيرالد يتناقش مع أوليفر لودج فى مكتب لودج بنيفربول حول هذه المشكلة اذا هو يقول فجأة ان المشكلة يمكن أن تحل اذا ما افترضنا أن الجهاز قد تقلص بشكل آلى فى اتجاه حركة الأرض . وتتبع فيتزجيرالد هذه الفكرة ووجد أن هذا التقلص يجب أن يحسب على

أساس النسبة بين $\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ والواحد الصحيح حيث v من

سرعة الأرض بالنسبة للأثير ، و c سرعة الضوء .

ولقد أشار عالم الرياضيات الايرلندى جوزيف لارمور بعد ذلك بوقت قصير الى أن الساعات والقضبان لا بد أن تتأثر بالحركة . واذا أردنا أن نعبر عن الأمر بشكل تقريبي فاننا نقول ان الساعة التى تتحرك بسرعة v ستبطئ فى سيرها

بنفس النسبة التي يتقلص بها قضيب متحرك بنفس السرعة . ولقد تحقق كلام لارمور حديثا بشكل تجريبي رائع عند ملاحظة معدل تحلل الميزونات ، وهي الجسيمات التي تنتج في الأشعة الكونية ، فحسب نظرية لارمور يبدو معدل تحلل الميزون ، بالنسبة لمشاهد يتخذ وضعاً ثابتاً ، أكثر بطئاً كلما ازدادت سرعة حركة الميزون . ولقد وجد عام ١٩٤١ أن هذه هي الحالة فعلاً .

وكان اكتشاف أن طول القضيب أو سير الساعة ليست خواص مطلقة للقضيب أو الساعة ، وإنما هي خواص تعتمد على حركة كل منهما ، كان هذا الكشف أساس تفسير فشل كلي التجارب التي أجريت بهدف تحديد سرعة الأرض بالنسبة للأثير .

ولقد أدى هذا الكشف الى وضع نظرية النسبية الحديثة التي يمكن أن يقال انها بدأت بكشف « تقلص فيتزجيرالد » الذي توصل اليه عام ١٨٩٢ . ومما يؤسف له أن فيتزجيرالد مات في عام ١٩٠١ فلم يتيسر له أن يشهد الثورة التي بدأها في فلسفة علم الفيزياء .

القسم الثالث

ما النار؟

بريستلى

فى صباح الاثنين ٩ يونيه عام ١٧٩٤ كتبت جريدة « أمريكا ديلى أدفرتايزر » التى تصدر فى فيلاديلفيا تحيى وصول أحد المهاجرين من انجلترا ، فقالت : « انه لما يبعث الرضا والارتياح فى نفوس الذين يدافعون عن حقوق الانسان ، أن تصبح الولايات المتحدة الأمريكية ، أرض الحرية والاستقلال ، ملجأ للشخصيات العظيمة فى هذا العصر ، أولئك الذين اضطهدتهم أوروبا ، لمجرد دفاعهم عن حقوق الأمم المستعبدة » .

« وسبقى اسم جوزيف بريستلى فى ذاكرة المستنيرين من الناس ، أما انجلترا فانها ستأسف ، ولا شك ، يوما ما ، على تلك المعاملة غير الكريمة التى عاملت بها هذا الرجل الشهير المحترم ... » .

هرب عالم الكيمياء الكبير عبر الأطلس إلى العالم الجديد بعد حياة حافلة بالمشاكل التى لم تقتصر على العلم ، بل امتدت إلى الاضطرابات التى سادت المجتمع فى أيامه العصيبة . وكان بريستلى قبل ذلك بثلاثين عاما ، وهو بعد قس شاب ، قد ذهب إلى لندن التى تموج بالمتحذلقين وقطاع

الطرق والصناع المهرة والناهين . وكان في الثلاثين من عمره ، نحيفا ، رقيقا ، تكاد ملامحه تميل الى الأنوثة . أما ملابسه فكانت تغلب عليها الأناقة الدنيوية أكثر منها ملابس أحد رجال الكنيسة . وكان مرحا ، حاضر البديهة واكتسب شهرة واسعة ككاتب في المسائل الدينية . أما فقره فكان يقابله على أنه أمر واقع ، ولكن كان يتمتع بشجاعة أدبية لا تقهر .

ذهب بريستلى الى لندن لمقابلة الفيلسوف الشهير الذى حضر من المستعمرات الأمريكية بنيامين فرانكلين ، وكان فى قمة مجده كأحد العلماء . وكانت تجارب فرانكلين على البرق قد جعلت منه بطلا أسطوريا فى أعين معاصريه الأوروبيين . واعتقد الناس أنه قادر على أن ينتج شرارة برقية متى شاء . وأضاف كرامة منبته الى تلك الهيبة احاطة به ومع أنه كان متبعوثا الى لندن للدفاع عن وجهة نظر المستعمرات ، الا أن فرانكلين قد وجد من الدبلوماسية أن يخيا حياة عالم زائر بدلا من مبعوث سياسى .

كان بريستلى أحد رجال الجدل الدينيين الذين يدافعون عن مذهب التوحيد وعندما مات أبوه . وكان يعمل غزالا فى مدينة ليدز الصغيرة ، ربته عمته ، وكانت متسعة الأفق ومستقلة الرأى ، فنشأته فى جو من المناقشة الدينية الحرة . ونظرا لضعف صحته لم يستطع أن ينتظم كثيرا فى دراسته المدرسية ، ولكنه تعلم بنفسه الفرنسية واللاتينية والجبر والهندسة . وتحت تأثير عمته التحق بسلك الكنيسة ، فتعلم فى إحدى الأكاديميات وتزوج من سيدة ذكية عندما كان فى الثامنة والعشرين من عمره وأصبح كاتباً معروفاً فى

لمسائل الدينية - ولم يكن من المعقول أن يستحق ، هو
بالذات ، أن يطلق عليه : « الخائن عدو المسيح » كما حدث
فيما بعد .

★★★

وكان لزيارات بريستلى لصالون فرانكلين فى لندن عقب
زواجه أثرها فى تغيير مجرى حياته . فلم يكن حتى ذلك
الوقت قد اهتم بالعلم الا باعتباره من المربين . وكثيرا
ما اقترح على فرانكلين أن يقوم أحد الأشخاص بكتابة كتاب
مبسط عن الكهرباء ، وقد حثه فرانكلين أن يقوم بهذا
العمل ، ومن هنا نشأت فكرة الكتاب القيم الذى أنهاه بريستلى
فى عام عن « تاريخ الكهرباء ووضعها الحاضر » . وقد
اضطر فى أثناء كتابة هذا الكتاب الى التحقق بنفسه من صحة
بعض النقط المختلف عليها فى النظريات الكهربائية . وكان
لبريستلى شغف طبيعى بالبحث فقام ببعض الكشوف
المبتكرة ، وكان منها أن الكربون موصل جيد للكهرباء .

وكان للنجاح الكبير الذى لاقاه هذا الكتاب أن انتخب
بريستلى فى العام التالى عضوا فى الجمعية الملكية .

وكان هذا التدوق للعلم هو الذى دفع بريستلى فى
طريقه الجديد ، ولكن الصدفة هى التى قادت الى طريق
الكيمياء . فعندما كان فى مدينة ليدز كان يقطن بجوار
مصنع تقطير الخمور الذى يملكه جيكس ونيل ، وكانت
الروائح النفاذة لمنتجات التخمر تتغلغل مسكنه وأصبحت
هدفا لأبحاثه الأولى .

كانت أفكار وآراء الكيميائيين القدامى مازالت تسيطر على علم الكيمياء ، فكانت المادة تقسم الى اربعة عناصر اولية هي اليابسة والنار والهواء والماء . وما ان جاء عهد بريستلى حتى كانت هذه العناصر الأرسطية قد قسمت الى عدة أنواع ومراتب . فقسمت اليابسة الى عدة أقسام : زئبقية وزجاجية وقابلة للاشتعال . وكانت هناك بالاضافة الى العناصر اربعة أرواح هي الكبريت والزئبق والزرنيخ والملح النشادرى ، كما كانت هناك ستة أجسام هي الذهب والفضة والنحاس والرصاص والقصدير والحديد . وكان الفلوجستون هو « روح » كافة المواد ، وبفضله كانت الأجسام القابلة للاشتعال تشتعل .

اعتزم بريستلى أن يصنع أحد أقسام الهواء وهو « الهواء الثابت » (غاز حمض الكربونيك أو ثاني أكسيد الكربون) . وكان من المعتقد أن جرب البحر ينشأ عن نقص « الهواء الثابت » فى جسم الانسان . ولذلك فقد صنع بريستلى جهازاً لانتاج هذا الغاز من الطباشير وحمض الكبريتيك ثم مرر هذا الغاز فى الماء عن طريق أنبوبة مرنة وذلك بعد تنقية الغاز من الشوائب ، وبذلك اخترع بريستلى المياه الغازية . ولما شرح بريستلى طريقته هذه للورد مائندويتش ، لمرال البحرية ، تكونت لجنة لدراسة هذا المشروع ، ثم افتتحت ورشتان لتزويد البحرية بهذه المياه ، وقد أثار عمل بريستلى هذا اعجاب الجمعية الملكية فمحتته ميدالية كوبلى وهى أكبر جائزة للكيمياء . وأعجبت الدوائر التجارية بهذه المياه فعباها المدعو المستر بيولى وباعها وقد كتب عليها :

« لتحضير مشروب مستر بيولى أذب ثلاثة « دراهم » من الحفريات القلوية فى كل « كوارت » من الماء ، ثم مرر تيارا من الهواء الثابت الى ان يزول المذاق القلوى . يجب عدم تحضير كميات كبيرة من هذا المشروب ، كما يجب أن يحفظ فى زجاجات محكمة . ويمكن تعاطى أربع أوقيات منه كل مرة ، مع شرب قليل من الليمونادة أو الماء المضاف اليه القليل من الخل أو زيت الزاج المخفف (حمض الكبريتيك) ، مما يساعد على تصاعد الهواء الثابت فى المعدة » .

أما مشروع بريستلى العلمى الثانى فكان أقل حظا من سابقه . فقد رضخت البحرية الملكية لنداء علماء الفلك لارسال احدى سفنها لمشاهدة كسوف القمر فى جنوب المحيط الهادىء ، وكانت البحرية تبحث عن عذر مقبول لارسال بعثة بريئة المظهر الى هذه المياه ، ولذلك فقد خصصت سفينة تحت قيادة كابتن جيمس كوك ، وسمحت للعلماء بالصعود اليها بعد أن أعطت الكابتن كوك أوامرها بأن يعطى العلماء كل الفرص للقيام بمشاهدتهم ، ثم يستمر فى مهمته الحقيقية وهى رسم خريطة وادعاء ملكية الأرض الشاسعة الموجودة فى جنوب المحيط الهادىء والمعروفة باسم « أرض أستراليا المجهولة » . ولما كان بريستلى شغوبا بأن يذهب فى هذه الرحلة فقد عين قسا للبحارة . ولكنه منع فى اللحظة الأخيرة من الاشتراك فى الرحلة ، وذلك لكتاباتة الدينية المتطرفة التى اكتسبته أعداء كثيرين اهتموه بأنه قد يؤثر فى آراء أعضاء البعثة .

وعاد بريستلى الى تجاربه عن كيمياء الغازات ، التى ضمنها بعد ذلك فى كتابه « تجارب ومشاهدات على الأنواع

المختلفة من الهواء » . وكان جهازه الذى صممه يتسم بالبساطة والأناقة . كان يضع مادة التفاعل فى دورق زجاجى مملوء جزئيا بالزئبق ثم يقلب الدورق فى حوض ملىء بالزئبق بحيث يصبح كل اناء نوعا من بارومتر تورشيللى . فاذا تصاعد غاز من هذا التفاعل أدى ضغطه المتزايد الى انخفاض سطح الزئبق الى أسفل فى الدورق . أما اذا امتص التفاعل أحد الغازات المحبوسة فى الدورق ، فان سطح الزئبق يرتفع وبذلك كان يسهل قياس التغيرات فى حجم الغازات . وكان بريستلى يستخدم أشعة الشمس لتسخين الغازات ، وذلك باستخدام عدسة لتجميع الأشعة .

وكان أول كشف لبريستلى هو فى نفس الوقت أعظم كشفه ، ألا وهو إنتاج وعزل غاز الأكسجين . سخن بريستلى المادة المعروفة آنذاك باسم موركيريوس كالسيناتاس (أكسيد الزئبق) فوجد أن الملح يعطى حوالى أربعة أو خمسة أمثال حجمه من أحد الغازات . ولما وضع بعضا من هذا الغاز فى اناء مغلق به شمعة مشتعلة لاحظ أن الشمعة « قد احترقت فى هذا الهواء بلهب غاية فى العنف » . ولم ألحظ مثل هذا اللهب فى أى نوع آخر من الهواء . . فقد احترقت الشمعة وهى تتوهج . . كما توهجت فى هذا الهواء شظية من الخشب واحترقت عن آخرها بسرعة فائقة » .

ثم علم بريستلى فيما بعد أن الفيران تعيش فى غازه أطول مما لو عاشت فى نفس الحجم من الهواء العادى . وفى الآنية المغلقة كانت الشمعة المتقدة أو الحيوانات تؤثر فى الهواء بحيث تطفىء الشمعة أو يموت الحيوان بعد فترة .

وادر ك بريستلى أنه اكتشف طريقة يمكن بها استعادة العنصر الحيوى الذى يفقده الهواء . ثم وجد الوسيلة التى تحافظ بها الطبيعة على هذا العنصر فى الهواء . كتب هذه الكلمات:

« لقد كنت سعيدا اذ تمكنت بالصدفة من معرفة الطريقة التى يمكن بها استعادة الهواء الذى أثرت فيه شمعة محترقة الى حالته الأولى ، واذا تمكنت من اكتشاف احدى هذه الوسائل التى تستخدمها الطبيعة لهذا الغرض ألا وهى النباتات » .

« فى السابع عشر من أغسطس عام ١٧٧١ ، وضعت عودا من النعناع فى كمية من الهواء تشتعل فيها شمعة فوجدت فى السابع والعشرين من نفس الشهر أن شمعة أخرى قد اشتعلت فى الغاز . وقد كررت هذه التجربة بدون أى تغير فى ظروفها حوالى ثمانى أو عشر مرات فى المدة الباقية من صيف ذلك العام » .



وقد أولى بريستلى هذه التجربة عنايته وخلصها من كل ما لا داعى له من التفاصيل ، وذلك حتى يصل الى أبسط نتيجة . وأثبت أن استعادة حيوية الهواء لا تنتج فقط من النعناع ، فالسبانخ وزهر الريحان والحشائش المسماة جروند سل كان لها نفس التأثير . ثم انتهى الى النتيجة التالية وهى أن : « النباتات ، بدلا من أن تؤثر فى الهواء كما يؤثر فيه تنفس الحيوانات ، فانها تعكس تأثير التنفس وتعمل على المحافظة على الهواء لطيفا عليلا سليما وذلك



عندما يفسد بفعل تنفس الحيوانات الحية أو تعفن الحيوانات الميتة » -

وعلى العكس من آرائه المتطرفة فى الدين والسياسة ، كانت آراء بريستلى العلمية ونظرياته محافظة ، فقد تمسك بنظرية الفلوجسنون ، اخذى بقايا الكيمياء القديمة ، بل لقد حافظ نفوذ بريستلى على هذه النظرية وأطال من عمرها دون ما داع لفترة أطول مما تستحق . وقد تمكن بريستلى أيضا ، ولأول مرة ودون أن يدرك ذلك ، من عزل غازات النشادر («الهواء القوى») والأزوت وأكسيد الأزوتيك وأول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت . (الهواء الحمضى الزاجنى) ومواد أخرى ، وذلك بخلاف غازى الأكسجين وثانى أكسيد الكربون .

ولما اشتهر بريستلى كأحد أساطين العلم دعتة الجمعية القمرية الشهيرة فى برمنجهام ، والتي كان من بين اعضائها وزائريها بعض قادة العلم فى ذلك الوقت ، من أمثال العالم الفلكى سير ويليام هيرشيل ، والمهندس جون سميثون ، وعالم النبات ايراسماس دارون ، والمخترع جيمس وات . وكان أعضاء هذه الجمعية البالغ عددهم حوالى اثنى عشر عضوا ، يجتمعون فى منزل كل منهم مرة كل شهر فى أقرب يوم اثنين من اكتمال القمر . وكانت الاجتماعات تبدأ بالغداء فى حوالى الثانية بعد الظهر ثم تستمر الى الثامنة مساء حين يسطع ضوء القمر فيخرج الأعضاء لكى يمشوا الى منازلهم . وقد كتب أحد أعضاء الجمعية الى صديق له ، بعد اشتراك بريستلى فى الجمعية :

« كثيرا ما تحدثنا عن الفلوجستون دون أن ندرى ما كنا نتحدث عنه . ولكن الآن ، وبعد أن ألقى دكتور بريستلى الضوء على هذا الأمر ، أصبح فى إمكاننا أن نصب هذا العنصر من اناء الى آخر بل ويمكننا أن نقدر بالدقة ما نحتاج اليه من هذا العنصر لاختزال الجير عندما يلمس أى جسم مرئى - وباختصار ، فان هذا الاله يمكن قياسه ووزنه كاية مادة أخرى - أما بالنسبة للأمور الأخرى ، فانتى أحيلك على الدكتور نفسه » .

وامضى بريستلى عشرة الأعوام التالية فى برمنجهام سعيدا بأبحاثه فى الكيمياء ، وكتاباتة عن التعليم واللاهوت . ومع أنه كان ملكيا مخلصا ، إلا انه أعلن عن عطفه على أهداف المستوطنين الأمريكيين فى أثناء الحرب الثورية . وربما كان من الممكن أن ينجو بريستلى من العقوبة نتيجة آرائه هذه ، كما فعل كثير من الانجليز ، لولا انه جاهر أيضا برأيه فى ضرورة فصل الكنيسة عن الدولة فى انجلترا كما أيد أهداف الثورة الفرنسية .

كتب ت - ا - ثورب الذى أرخ لبريستلى أنه « مع تقديرنا لبريستلى كفيلسوف مجرب ، إلا أن ما يدعونا الى زيادة حبه واحترامه وتقديره هو ما لاقاه من متاعب نتيجة لكفاحه من أجل الحريات المدنية والسياسية والدينية » .

وفى يوم الباستيل عام ١٧٩١ شارك بريستلى جماعة من أصدقائه فى احتفال هادىء لهذه المناسبة فى برمنجهام . وكان بعض المتهوسين والمتعصبين قد وزع منشورات قبلها

بخمسة ايام يهتمون فيها القائمين بالحفل بالخيانة ويهددون بريستلى وعائلته بالشنق . تجاهل بريستلى وأصدقائه هذه التهديدات . وتناولوا غداءهم فى أحد المطاعم الخاصة يهدوء . ولكن المتاعب بدأت فى المساء ، فأشعلت جماعة من الفوغاء المتهوسين الكنيسيتين المخالفتين فى برمنجهام ثم اتجهت هذه المجموعة الى منزل بريستلى لحرقه وشنقه هو وأسرته . وقد وصفت احدى جارات بريستلى ما حدث عندما انتشرت أنباء اقتراب الفوغاء من منزل بريستلى وكيف حاول والدهما ايقافهم :

« وصل أبى الى بوابة دكتور بريستلى قبل الفوغاء ، واتخذ لنفسه موقفا بينهم وبين المنزل ، فلما وصلوا اليه حاول أن يثنىهم عن غرضهم بالاقناع وبالأغراء بالمال ، وقد بدا كما لو كانوا قد اقتنعوا بكلامه ، عندما صرخ احدى بصوت عال ، وكان من قادة الشغب : « لا تلمسوا أمواله ، فقد شنق رجل فى ثورة ١٦٨٠ بلندن لأنه أخذ ستة بنسات » . ثم بدأ فى قذف الحجارة . ولما وجد والدى أنه من غير المعقول مواجهة مائتى أو ثلاثمائة رجل أدار حصانه وانصرف » .

وبينما بريستلى وأسرته يحتمون بمنزل أحد الأصدقاء ، سطلت الجموع على منزله وبعثرت أوراقه ، وهدمت المنزل وأشعلت النيران فى الأنقاض . ثم توجهت تبحث عن بريستلى فى كل مكان بالمدينة لمدة ساعات فهرب هو وأسرته فى عربة قبل أن يمسكوا بهم بدقائق . ووصلوا الى لندن بعد أسبوع من الحادث وهم فى سفر متواصل .

صدمت هذه الانبياء كثيرا من الناس فى لندن ولكن
الكثيرين غيرهم أدركوا أنه لا دخان بلا نار ، وان آل بريستلى
لا بد ان يكونوا غير موالين . فقد طلبت احدى الخادومات
اعفاءها من العمل لأنها كانت تعمل قريبا من منزل بريستلى
وذلك خوفا من غضب الله . وبدأ أعضاء الجمعية الملكية فى
مهاجمة بريستلى بعنف . ولم يستطع أبناؤه الالتحاق بأى
عمل فأبحروا الى أمريكا . وكانت إنجلترا مقبلة اذ ذاك على
نلك الثلاثين سنة من الاضطهاد حين كانت ترسل السفن
المحملة بالمسجونين السياسيين اما الى خليج يوتاىنى واما الى
المشقة

وأدرك بريستلى ، بعد مضى عامين فى لندن ، انه لم
يتمكن من العيش فى سلام فى إنجلترا . فقرر ان يلحق
بأبنائه فى بنسلفانيا . ورحب به جورج واشنطن فى الوطن
الجديد ، وألقى المواعظ فى جمع من الناس كان بينهم
الرئيس جون آدمز ، وأصبح من الأصدقاء المقربين لتوماس
جيفرسن . هذا ، وقد رفض الأستاذية وبعدها رئاسة
جامعة بنسلفانيا ، مفضلا أن يعيش فى هدوء . . ومات
أقرب أبنائه الى قلبه ، ومن بعده زوجته التى لم تفق أبدا
من الصدمة التى أصابتها فى برمنجهام .

الا أن اقامة بريستلى فى المهجر ثم تخل من عمل ، فقد
أجرى تجاربه الشهيرة وشرحها لجيمس وود هاوس وجون
ماكلين وروبرت أوهر وهى طليعة الكيميائيين الأمريكيين
الذين بدأوا عملية صقل ذلك العلم الذى فتح الطريق أمام
كشف واستغلال ثروات الأراضى الأمريكية .

لافوازييه

اشتهر أنطوان لوران لافوازييه بأنه مؤسس علم الكيمياء الحديثة ، ولكن هذا العمل انما يعكس جزءا صغيرا من قصة حياته . ولوران لافوازييه لم يقم بأية تجربة كيميائية ، لاستحق كذلك مكانا مرموقا في التاريخ . لقد تعددت جوانب نبوغه ، ولم يكن من رواد علم الكيمياء فحسب ، ولكنه كان كذلك رائدا في علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) ، والزراعة العلمية ، والتكنولوجيا ، كما كان من الشخصيات البارزة ، في عصره في مجالات الاقتصاد والتعليم العام والتنظيم الحكومي . التاريخ لا يحدثنا الا عن عدد ضئيل من أمثال هذا الرجل الفرنسي النابغة الذي استطاع أن يحيط بمثل هذا العدد الكبير من فروع المعرفة .

ولد لافوازييه في مدينة باريس يوم ٢٦ أغسطس عام ١٧٤٣ وكان الابن الوحيد لوالدين مقتدرين . ماتت أمه وهو مازال صغيرا ، فتربى في ظل رعاية وحب والده وعمته العانس .

أراد له والده أن يكون محاميا ، ونزولا على ارادة أبيه أتم أنطوان دراسته القانونية وحصل على الليسانس . ولكنه

أظهر ميله المبكر للعلم باختياره كلية مازاران للدراسة الجامعية حيث درس علوم الفلك والنبات والكيمياء والجيولوجيا على أيدي مشاهير الأساتذة . وبعد دراسة القانون عاد سريعا الى العلم . وما ان مرت سنوات ثلاث ، وهو بعد في سن الخامسة والعشرين ، حتى انتخب عضوا في أكاديمية العلوم الملكية ، وذلك نتيجة لأعماله التي أسهم بها في عمل خريطة جيولوجية لفرنسا ، وكذلك لبحوثه الكيميائية في عجينة باريس ، وكذلك لحصوله على الميدالية الذهبية الخاصة تقديرا للخطط التي قدمها في المسابقة الملكية لتحسين الاضاءة في شوارع باريس

ولما كان لافوازييه قد اعتزم أن يمضي في طريق البحوث العلمية ، فقد بدأ أولا في تأمين حياته المالية ، فلشترى نصيبا من أسهم شركة « فيرم جنرال » وهي الشركة الخاصة التي كانت تجبي الضرائب للملك . وقد درت عليه هذه الأسهم أرباحا طائلة طوال حياته ، ولكنها كانت السبب في اعدامه بالجيلوتين .

تزوج لافوازييه ، وهو في الثامنة والعشرين ، من ماري آن بيريت بولز ، وكانت في الرابعة عشرة من عمرها ، وهي ابنة أحد كبار أعضاء شركة « فيرم جنرال » . ومع أن هذا الزواج كان من ترتيب والدها حتى لا تقع تحت ضغط الجهات العليا التي كانت ترغب في زواجها من كونت عجوز قاسد الاخلاق ، الا أن الأيام أثبتت أن زواج لافوازييه من هذه العروس الطفلة كان ناجحا سعيدا . بدأت ماري في تعلم اللغتين اللاتينية والانجليزية لترجمة الأعمال العلمية لزوجها الذي كان قليل الامام باللغات الأجنبية . وترجمت

له كتابين هامين للعالم الكيميائي الايرلندي ريتشارد كيروين . وأعدت له موجزا لأبحاث نشرها جوزيف بريستلي وهنرى كافنديش وغيرهما من علماء الكيمياء المعاصرين . وأوضحت ترجماتها وملاحظاتها التي كانت تكتبها على الهوامش أنها كانت تلم بالكيمياء الماما يفوق مجرد المعرفة السطحية . وجعلت مارى من منزلها مكانا يؤمه انعلماء الفرنسيون والأجانب ، كما كانت فنانة موهوبة ترسم وتحفر اللوحات لكتبه ، وساعدته فى معمله وكانت سكرتيرته التي تدون الملاحظات عن تجاربه الكثيرة . وبعد اعدام لافوازييه كتبت وطبعت كتابه الأخير « مذكرات فى الكيمياء » ، وهو الكتاب الذى كان قد جمع مواده فى السجن ولكنه لم يكمله ، ومن المؤسف انها قد كوفئت على عملها هذا أسوا مكافأة وذلك لزواجها الشمس ، الذى لم يدم طويلا ، من الكونت رامفورد . وكان الكونت رامفورد عالما ومخترا مشهورا الا أنه كان أيضا مغامرا ووصوليا نفعا .

كانت أعمال لافوازييه فى الكيمياء سجلا حافلا يجدر بنا أن نستعرضه بسرعة . ففى عام ١٧٧٢ ، عندما كان فى التاسعة والعشرين من عمره ، بدأ دراسة احتراق الفلزات وكلستنتها (تاكسدها) ، ولاحظ أن الكبريت أو الفوسفور يزداد وزنه عندما يحترق ، وافترض أنه يمتص الهواء . وكان المفتاح الذى يفسر ملاحظاته هو كشف جوزيف بريستلي « للهواء الذى انتزع منه الفلوجستون » (الأوكسجين) . وقد بين لافوازييه بعد ذلك مباشرة أن هذه المادة التى أطلق عليها اسم الأوكسجين هى التى كانت تمتصها المعادن عند

تكوين « الكالسات » أى الأكاسيد . وأخذ يستبدل بنظرية « الفلوجستون » ، التى كان قد مر عليها حوالى قرن من الزمان (وهى النظرية التى تقول ان المواد تحترق بسبب تسرب الفلوجستون) ، النظرية الصحيحة التى ترى ان الاحتراق عبارة عن اتحاد كيميائى بين المادة المحترقة والأكسجين . ولم يستطع لافوازييه تفسير تكون النار ، ولذلك فقد ادخل لفظ « الكالورى » لكى يشرح العنصر الذى لا وزن له أى الحرارة . ولكن التفسير الكامل للاحتراق والحرارة لم يتم الا بعد نمو نظرية « الأنثروپى » أو « التعادل » فى القرن التاسع عشر . ومع ذلك ، فان لافوازييه ، بالتعاون مع عالم الفيزياء العظيم بيير سيمون دى لا بلاس ، قام بدراسات عن الحرارة المصاحبة للاحتراق ، وضعت الأساس لعلم الكيمياء الحرارية .

★★★

فشلت نظرية لافوازييه فى مبدأ الأمر فى اعطاء تفسير لاحتراق « الهواء القابل للاشتعال » (الايدروجين) ، وهو الغاز الذى يتصاعد عند اذابة المعادن فى الأحماض ، وهنا كان الفضل لأحد اكتشافات كافنديش فى امداد لافوازييه بالتفسير الذى يحتاج اليه . فقد علم كافنديش أن الماء النقى ينتج عن احتراق « الهواء القابل للاشتعال » ، فقام لافوازييه بعدة تجارب أخرى استنتج منها أن الماء عبارة عن مركب يتكون من غازين هما اللذان تطلق عليهما الآن الأكسجين والايدروجين . وأدرك قورا أن هذه الحقيقة تضع حجر الزاوية لبناء هيكل جديد كامل فى علم الكيمياء .

لاقت الكيمياء الجديدة قبولا حسنا ، دعا الى اعادة النظر فى كشف العناصر ووضع نظام جديد لتسمية المواد ، ولقد وضع لافوازييه ، مع بعض كبار علماء الكيمياء الفرنسين ، أسماء جديدة ، مازالت تستخدم الى وقتنا هذا مع بعض التغيرات البسيطة -

وكان من الطبيعى أن يؤدى شغف لافوازييه الشديد بالاحتراق الى اهتمامه بالتنفس ، وهناك من يقول ان عمله فى هذا المجال يجعل له الحق فى أن يلقب بمؤسس علم وظائف الأعضاء (الفسيولوجيا) والكيمياء الحيوية . ومن المؤكد أنه وضع نظاما بحيث كانت تعم القوضى . كان الكثيرون قد هتمتوا أن جميع أشكال الحياة تعتمد على عامل خيوى فى الهواء . وبين بريستلى ، وغيره ، بالتجربة أن الحيوانات عندما تنفس تستهلك عاملا ضروريا من الهواء . وكان على لافوازييه أن يبين الطبيعة الكيميائية البحتة لذلك الدور الذى يلعبه الأوكسجين ، أو كما كان يسمى فيما سبق ، الهواء الحيوى بالنسبة لعملية التنفس ، والاحتراق . وكان لافوازييه أول من أوضح أن حرارة الحيوان تنتج من عملية بطيئة مستمرة تحدث فى الجسم ، وأنها عبارة عن عملية احتراق بطيئة . ولكى يثبت هذا عمليا صمم وأجرى عدة تجارب رائعة بالتعاون مع لابلان ، على نوع من « الفيران أو خنازير غينيا » حيث كانا يقيسان بدقة ما يأخذه الحيوان من الأوكسجين وما يخرج من ثانى أكسيد الكربون والحرارة ، وكانا يقيسان الحرارة بواسطة ميزان ثلجى من إختراعهما ، وبذلك وضعوا أساس علم قياس الحرارة أو الكالوريمترى . وكانت هذه لهذا العمل تعاون لافوازييه بعد

ذلك مع أزمان سجون فى برنامج للبحوث أدى الى توضيح
حقائق عمليات الأيض • والجهاز الذى صممه لافوازييه
والذى أجرى به هذه البحوث يعتبر الأب المباشر للجهاز الذى
يستخدم اليوم فى قياس عمليات الأيض الأساسية •

★★★

وكثيرا ما كان لافوازييه يضطر الى وقف بحوثه عندما
تدعوه الحكومة الى ان يقدم لها المساعدة الفنية • دعت
الحكومة ذات يوم الى العمل لحل مشكلة النقص فى البارود •
كانت فرنسا تشكو من ندرة ملح بيتر (نترات البوتاسيوم) •
وهو احد المركبات الاساسية فى صناعة البارود ، كانت
تنتجها احدى الشركات الاحتكارية بطريقة غير فعالة • وقد
طلب مراقب عام المالية مشورة لافوازييه الذى اقترح أن
تؤسس الحكومة « ادارة المساحيق » • وقد عين أحد أربعة
مديرين لهذه الدار ، ثم استمر فى وضع طرق جديدة للإنتاج
أكثر كفاءة • واستطاع خلال ثلاث سنوات أن يرتفع بإنتاج
فرنسا السنوى للبارود من ٧١٤ طنا الى ٨٦٦٧ طنا •
ويمكن القول ، ان جهود لافوازييه هذه ساعدت على نجاح
الثورة الأمريكية ، لأنه لولا البارود الذى أمدت به فرنسا
الثوار لتغيرت نتيجة الثورة •

ولقد منحت ادارة « المساحيق » لافوازييه منزلا ومعملا
للبحوث داخل دار الصناعة ، حيث قضى أسعد سنى حياته
وأكثرها إنتاجا ولكن تخللت هذه المرحلة تجريبتان تذلان
على مدى ما يتعرض له العالم الذى يعمل فى خدمة الحكومة •
ففى أحد الأيام ، كان لافوازييه ، ومع زوجته وثلاثة من

مساعدية، يجرون تجربة على ملح كنورات البوتاسيوم لدراسة إمكانية استخدامه كاحد المفرقات فحدث انتجار في المعص ادى الى وفاة اثنين منهم ، ولكن لافوازييه نجح سالما هو وزوجته . وقد ابلغ لافوازييه الحادث الى وزير الملك في عبارات سامية تنم عن طبيعة أخلاقه :

« فاذا تكرمت ، يا سيدى ، يعرض أمر هذا الحادث المنوسف ، على الملك والأخطار التى تعرضت لها ، فاننى ارجوكم أن تنتهزوا هذه الفرصة لكى تؤكدوا لجلالته أن حياتى فداء له وللدولة ، واننى ساكون دائما على استعداد للتضحية بها لما فيه مصلحته ، اما بتكرار نفس العمل على المادة المفرقة الجديدة ، وهو عمل أومن بأنه ضرورى . واما بأية وسيلة أخرى » .

أما التجربة الأخرى فكانت سياسية . ففي عام ١٧٨٩ ، عندما استولى الثوار على باريس ، قررت ادارة المساحيق أن تشحن ١٠٠٠ رطل من البارود الصناعى الرديء الى خارج المدينة لاستبدال نوع أحسن به . وأزعجت هذه العملية الأهالى ، فأمر لافاييت ، وكان مسئولا عن الذخيرة ، بإعادة الشحنة الى دار الصناعة . وامتدعى الكوميون المحلى المديرين للتحقيق معهم بتهمة الخيانة ، ومع أن نتيجة التحقيق كانت لصالحهم الا أن صيحة الرأى العام للمطالبة باعتقال لافوازييه لم تخفت الا بعد عودة شحنة البارود الى دار الصناعة .

★★★

وكان لافوازييه ، مثل توماس جيفرسون ، الذى كان يشبهه من وجوه كثيرة ، شغوبا جدا بالزراعة . وكان قد

ورث عن والده مزرعة فى لايورجيه ، ثم امتلك بعد ذلك بقليل مزرعة كبيرة بالقرب من مدينة أورليان . وكان يزرع فيها بنفسه ٣٧ هكتارا ويؤجر ٨٥٦ هكتارا ، وكان من عادته أن يقضى مواسم البذر والحصاد فى المزرعة ، وأن يمسك حسابات دقيقة للمحاصيل وأثمانها . وسرعان ما قرر المزارع لافوازييه أن كمية المحاصيل ترتبط ارتباطا وثيقا بكمية السماد الذى يستخدم فى الحقول . ثم أجرى تقديرا دقيقا للعلاقة بين كمية الماشية ومساحة المراعى والأرض المنزرعة فى مزرعة مشتركة للرعى والزراعة . وكانت دراساته عن احتياجات المحاصيل المختلفة والماشية عملية جدا وغاية فى النجاح . وأمكنه أن يسجل ، بكل ارتياح ، أنه فى خلال ١٤ عاما ضاعف انتاج القمح ووصل بانتاج الماشية الى خمسة أمثاله .

وكان لافوازييه يبذل نشاطا كبيرا فى الجمعية الزراعية فى باريس ، وكذلك فى الادارة الزراعية ، حيث كان واحدا من ضمن الأعضاء الخمسة المؤسسين ومنارها المرشد . وقد مثل الدائرة الثالثة فى برلمان أورليان المعلى حيث كان المحرك الأول لأغلب المناقشات والموضوعات محل البحث . وكانت تقاريره ، التى غلبت على محاضر جلسات البرلمان ، لا تتناول المسائل الزراعية فحسب بل تتناول كذلك موضوعات متعددة مثل المعونة الاجتماعية لليتامى والأرامل، وخطوات تأسيس بنك للتوفير فى أورليان ، والغاء السخرة (التى كانت تستخدم لاصلاح الطرق) والاصلاحات الضرائية واعداد خريطة لمعادن الاقليم . واقامة ملاجئ ومشغل للفقراء . وقد غير عن عقيدته الاجتماعية فى

الكلمات التالية « يجب ألا تقتصر السعادة على عدد محدود من الناس ، ان السعادة ملك للجميع » . وكان لافوازييه يؤمن بالأرض وأن الثروة تنبع من الأرض وأن الحرية الشخصية من أقدس حقوق الانسان .

ومع أن لافوازييه كان رائدا في مجال العلوم، وسياسيا من الأحرار ، واجتماعيا من المصلحين ، الا أن آراءه عن المال والاقتصاد كانت محافظة ، وقد اختير في الجمهورية الجديدة عام ١٧٨٩ لرئاسة بنك الخصومات الذي تحول فيما بعد الى بنك فرنسا . وقد حذر ، في أحد تقاريره التي تتسم بالوضوح والادراك العميق ، من خطر التضخم . وبعد ثلاث سنوات قدم لافوازييه تقريراً الى المجلس الوطني عن الحالة المؤسفة التي وصلت اليها مالية البلاد . ولقد ذكر أحد الخبراء حديثاً أن تقرير لافوازييه وعرضه للموقف آنذاك كان رائعا . وطبع هذا التقرير ببيرو ديون ، وكان صديقا للافوازييه الذي ساعده ماليا في انشاء دار النشر ، كما كان ولده أرينيه مساعدا في مكتبة دار الصناعة أيام كان لافوازييه أحد مديريها . وعندما أسس أرينيه ، بعد هجرة أسرة ديون الى الولايات المتحدة ، مصانع البأرود الضخمة في ديلاوير، أراد أن يطلق عليها مصانع لافوازييه، ولكن رأى الأسرة استقرار في النهاية على تسميتها باسم شركة ديون دي نيمور .

ويعتبر كتاب لافوازييه الشهير في الاقتصاد السياسي « عن ثروة الأرض في المملكة الفرنسية » من أشهر الكتب في تاريخ الاقتصاد . وكان قد بدأه قبل الثورة ، ولكن المجلس الوطني اعتبره مفيدا جدا فيما بعد بحيث أمر بطبعه

عام ١٧٩١ - وكان من رأى لافوازييه أنه لا يمكن وضع نظام معقول للضرائب الا على أساس من المعرفة الدقيقة لانتاج البلاد الزراعى ، ولذلك فقد جمع البيانات من جميع مقاطعات فرنسا - وكانت أرقامه عن الانتاج والاستهلاك وعدد السكان من أولى الاحصائيات القومية الموثوق بها - ولقد أوصى لافوازييه أن تنشئ فرنسا معهدا لجمع ودراسة كافة البيانات الاقتصادية - سواء فى الزراعة أم فى الصناعة - وعدد السكان ورأس المال وغيرها -

وكان لافوازييه ، باعتباره أحد أعضاء اللجنة الاستشارية التى كونتها الحكومة لدراسة الشئون الهامة للتجارة والمهن ، قد اقترح نظاما قوميا للتعليم ، واكد أن تعليم الشعب يعتبر أمرا مفيدا للدولة ، وأن التعليم الحر يجب أن يكون مباحا للجميع بصرف النظر عن الجنس أو الوضع الاجتماعى - واقترح انشاء أربعة أنواع من المدارس : الابتدائية ، والفنون الأولية ، والمعاهد ، واثنى عشرة مدرسة قومية عليا فى أكبر المدن الفرنسية وعددها اثنتا عشرة مدينة - كما اقترح خلق أربع جمعيات قومية لتطويع العلوم الرياضية والفيزيائية ، والتطبيق التقنى للعلوم ، والعلوم السياسية والانسانية ، والأدب والفنون الجميلة -

ومن الأعمال التى لعب لافوازييه فيها دورا كبيرا تلك المحاولة الفرنسية التى لا يعرفها الكثيرون والمتعلقة باقامة نظام طموح للتعليم العالى فى الولايات المتحدة الوليدة عام ١٧٨٨ - وكانت الروح المحركة لهذا العمل هو ألكسندر مارى كوسنى دى بوربىر حفيد أحد مشاهير انفلاسفة الفرنسيين ،

وكان مهتما بالاقتصاد ، كما كان طبيب القصر • واقترح كوسنى اقامة كلية فى ريتشموند ، العاصمة الجديدة لفرجينيا ، تأخذ طابعا عالميا • وعينت الاكاديمية الفرنسية لجنة ، كان أحد أعضائها لافوازييه ، لدراسة الموضوع ، ووضع أعضاء اللجنة تقريراً مؤيداً للفكرة • ويفلب على الظن أن لافوازييه هو الذى كتب التقرير ، خاصة اذا علمنا استعداداه لأخذ مسئولية كتابة التقارير فى مثل هذه المسائل •

وقد شيدت فعلا أكاديمية كوسنى فى ريتشموند ، ولكنها لم تبدأ عملها قط وذلك نظرا للتغير الثورى الذى حدث فى فرنسا فى العام التالى • وفى نفس هذا المبنى أقر رسميا دستور الولايات المتحدة • وتحول المبنى فيما بعد الى مسرح ، احترق عام ١٨١١ ، وأعيد بناؤه ، ومازال يستخدم كنيسة الى يومنا هذا •

وكان من أول أهداف الثورة الفرنسية — بعد سقوط الملكية — شركة « فيرم جنرال » جايية الضرائب ، والتي اكتسب أعضاؤها كراهية الشعب لهم باعتبارهم من مصاصى الدماء الذين أثروا على حساب الشعب • وأخيرا أغلق المجلس الوطنى هذه الشركة وأمرها بتقديم تقرير عن حساباتها • وأدى تأخير تقديم هذا التقرير الى إثارة اللجنة الثورية فأمرت فى ١٤ نوفمبر عام ١٧٩٣ بالقاء القبض على جميع أعضاء الشركة • وعندما سمع لافوازييه بهذا القرار ، اختفى وحاول وقف القرار نظرا لأعماله العلمية القيمة لبلاده • ولكن هذه المحاولات لم تفلح فاضطر الى تسليم نفسه بعد بضعة أيام •

وسجن أعضاء الشركة فى مكاتب الشركة السابقة حيث
أنهوا كتابة تقرير عن الحسابات النهائية فى شهر يناير
من عام ١٧٩٤ . وبينت حساباتهم بوضوح تام أن جامعى
الضرائب كانوا يتصرفون طبقا للقانون .

الا أن الارهاب كان قد وصل الى أقصى مراحل ، ولم
يعد هناك مقر أمام أعضاء الشركة ، اذ وجهت اليهم تهمة
جديدة ولصقت بهم افتراءات ، مثل تحصيل فوائد باهظة ،
وخلط الدخان بمزيد من الماء (مما يضر بصحة المدخنين) ،
وأمثال ذلك . وفى ذلك الجو المحموم الذى كان متفشيا
فى فرنسا لم يجد موجهو الاتهام صعوبة فى اصدار قرار
بتقديم المتهمين الى محكمة الثورة . وكان هذا القرار يعنى
الحكم بالاعدام .

وفى الساعة الواحدة من صباح ٨ مايو عام ١٧٩٤
سلم كل منهم نسخة تكاد لا تقرأ من التهم الموجهة اليه ،
وفى الساعة العاشرة من صباح نفس اليوم استدعوا أمام
المحكمة . وهناك قامت مشكلة ، فالمحكمة كانت مختصة فقط
بمحاكمة الذين يقومون بنشاط معاد للثورة ، وهو ما لم
يتهم به أعضاء الشركة . ولكن رئيس المحكمة جان باتيست
كوفينال ، تغلب على هذه المشكلة بأن طلب من المحلفين أن
يسألوا أنفسهم اذا كان قد اتضح لهم أن المتهمين قد اشتركوا
فى مؤامرة ضد الشعب بأن أتوا أعمالا ضارة ، مثل تمويل
أعداء الجمهورية بأموال اختفت بشكل غير قانونى من
الخزانة ، وهى تهمة لم تذكر فى قائمة الاتهام ولم يقيم

عليها أى دليل فى أثناء المحاكمة • وأصدر المحلفون قرارا
جماعيا بالادانة ، وأعدم المتهمون بالجيلوتين قبل منتصف
الليل •

وهكذا مات عالم فرنسا العظيم ، وقال جوزيف لويس
لاجرانج ، عالم الرياضيات الكبير فى اليوم التالى : « ان قطع
ذلك الرأس قد تم فى لحظة ، ولكن قرنا آخر قد لا يكفى
لكى يظهر رأس آخر مماثل » •

القسم الرابع
المغناطيسية والكهرباء

بنيامين فرانكلين

بالرغم من أن كل جوانب حياة بنيامين فرانكلين قد تعرضت لدراسة دقيقة فاحصة وناقدة ، إلا أن مكانه من تاريخ العلم ، كما تصفه كتب التاريخ الأمريكى ، مازال مشوها - ففى أثناء حياته ، كان فرانكلين معترفا به بين معاصريه من العلماء باعتباره أحد كبار أئمة العلم فى عصره . وأعلن جوزيف بريستلى أن كتاب فرانكلين عن الكهرباء يجب « أن يسلم الى الأجيال القادمة كتعبير عن المبادئ والنظريات الصحيحة فى الكهرباء ؛ تماما كما تعتبر فلسفة نيوتن تعبيرا عن النظام بوجه عام » . وحاز فرانكلين أسمى أشكال التقدير العلمى من معاصريه . وقام أحد الكتاب بمقارنة كتابات فرانكلين بكتاب نيوتن الشهير « البرنكيبييا أو الأسس » ، وقال : « ان التجارب والملاحظات التى أجراها الدكتور فرانكلين بمثابة قواعد علم الكهرباء ، كما أنها تضع أساسا لنظام بسيط بقدر ما هو عميق » .

وينحو أغلب الكتاب اليوم اما الى تأكيد اكتشافات فرانكلين التطبيقية ، واما الى انكار مكانته بين مؤسسى العلم البحت . ومن أمثال ذلك تلك المقالة التى ظهرت حديثا فى مجلة « العلوم » حيث أعلن الكاتب أن السبب الوحيد الذى

يدعو أحيانا الى اعتبار فرانكلين من كبار العلماء ووضعه ،
من حين لآخر ، بين قائمة العظماء الحقيقيين ، مثل
ج . ويلارد جيبس و . آ . نيكلسون ، هو أنه كان شخصية
هامة فى تاريخ أمريكا السياسى .

★★★

وتهتم أغلب الكتابات التى وضعت عن حياة فرانكلين
العلمية بالتركيز على العمل الذى يكاد يعرفه الجميع الا وهو
اثباته ، عن طريق طائرة من الورق أطلقها فى أثناء عاصفة ،
لصحة الفرض القائل بأن البرق عبارة عن شرارة كهربية .
وقد يصل البعض الى حد انكار حقه فى هذا العمل الرائع
الممتاز ، فقد جاء فى مقالة باحدى المجلات العلمية المعروفة
أن قصة الطائرة والبرق انما هى من نسج خيال مؤلفى
الأساطير ، وهذا بالرغم من أن فرانكلين كان قد نشر هذه
التجربة ، التى أعاد تجربتها غيره من العلماء ، فى أكبر مجلة
علمية فى ذلك الوقت .

ولكن ، دعونا ننس أمر هذه الطائرة ، فلم تكن بذات
أهمية كبرى فى حياة فرانكلين ، كما أنها لم تكن أول تجربة
يضع تصميمها لاثبات الطبيعة الكهربائية لشرارة البرق ، الى
جانب أن هذه التجربة لم تكن الأولى التى أثبتت صحة هذا
الفرض ، وهذا الفرض نفسه لم يكن من وضع فرانكلين .
ان مكانة بنيامين فرانكلين فى تاريخ العلم تستند الى أسس
أقوى وأمتن ، ومن بين هذه الأسس ذلك السجل الكبير والحشد
النهائى من الحقائق الجديدة عن الطبيعة التى كشف عنها
بمهارته الفائقة فى تصميم وتنفيذ التجارب ، بالإضافة الى
نبوغه فى إقامة صرح أول نظرية متكاملة موحدة عن الفعل

الكهربى - وبالإضافة الى ذلك ، فان نجاحه الفائق قد أعطى
 فن اجراء انتجارب مكانة جديدة كان فى أشد الحاجة اليها
 فى القرن الثامن عشر . كما أن النظريات الكهربائية التى
 جاءت فى كتابه « تجارب ومشاهدات عن الكهرباء أجريت
 فى فيلادلفيا بأمريكا » مازالت جزءا من نسيج النظريات
 الكهربائية فى الوقت الحاضر . اننا نكرم دون أن ندرى ،
 بنيامين فرانكلين عندما نذكر كلمات « موجب » و « زائد »
 أو « سالب » و « ناقص » ، وبطارية كهربية ، وغيرها من
 المصطلحات التى كان فرانكلين أول من استخدمها فى
 الظواهر الكهربائية .

ويعتبر كتاب فرانكلين عن الكهرباء من أهم الكتب
 العلمية التى أعيد طبعها فى منتصف القرن الثامن عشر .
 فقد ظهرت له خمس طبعات بالانجليزية وثلاث بالفرنسية
 وواحدة بالاطالية وواحدة بالألمانية . وكانت سمعة
 فرانكلين العلمية من العظمة بحيث انتخب زميلا فى الجمعية
 الملكية ومنح فيها ميدالية كوبلى لتجاربه على الكهرباء . وفى
 عام ١٧٧٣ انتخب واحدا من ثمانية من «الأعضاء الأجانب»
 فى أكاديمية العلوم الملكية فى باريس . وعندما كانت
 الأعمال العلمية تنال تقديرا أكبر مما تناله فى وقتنا
 الحاضر ، كان كتاب فرانكلين يدرس على نطاق واسع وكان
 اسمه على كل لسان .

بدأ اهتمام فرانكلين بموضوع علم الكهرباء حوالى
 عام ١٧٤٤ ، وفيما بين عامى ١٧٤٧ ، ١٧٥١ توصل الى
 أهم كشوفه ، وبدأ يكتسب سمعته ومكانته العلمية . وعلى
 عكس القاعدة العامة التى تقول ان أعظم الكشوف فى علم

الفيزياء قام بها رجال فى العقد الثالث أو الرابع من حياتهم ، نرى فرانكلين قد بدأ حياته العلمية فى سن الأربعين ؛ وكان قبل ذلك مشغولا فى كسب قوته ، مما لم يدع له وقتا كافيا للأعمال العلمية . ولما نجح فى الشئون المالية ووجد أن البحث عن الحقيقة يتفق وميوله ومواهبه قرر ، كما جاء فى مذكراته ، أن يوقف أعماله وأن يقضى وقته فى اجراء التجارب . وما كاد يترك أعماله حتى اجتاحت الوطن أزمة كبرى ، فترك بحوثه العلمية جانبا لكى يشترك فى الدفاع عن فيلادلفيا . ومنذ ذلك الوقت ، وإلى أن مات ، لم يكن يجرى تجاربه العلمية الا فى أوقات فراغه . ولم يكف قط عن خدمة مدينته ووطنه . وعندما بلغ من العمر ٨١ عاما ، وبعد انتهاء عمله فى باريس ، وكان يستعد للعودة الى وطنه أمريكا ، كتب فرانكلين الى أعر صديق عالم كان يرأسه وهو الطبيب الهولاندى جان انجن هاوس ، بأنه قد أصبح مرة أخرى رجلا حرا « بعد خمسين عاما قضيتها فى الشئون العامة » . وكان يرجو أن يذهب معه صديقه الى أمريكا حيث « يمكننا فيما تبقى لى من العمر ، أن نجرى معا انكثير من التجارب » ، ولكنه ، للأسف ، لم يستطع تحقيق هذا الأمل ، فلم تكن الأيام التى تنتظره هى أيام السعادة فى استجمام الطبيعة ، ولكن أيام الاجهاد والتعب فى وضع الدستور . وقبل ذلك بوقت طويل كان أمام فرانكلين أن يختار أحد طريقين ، اما طريق الفيلسوف الهادى ، واما « الرجل الذى يعمل فى الشئون العامة » . ولم يتردد فرانكلين فى اختيار مصيره وقال : « لو كان نيوتن قائدا لمركب واحد لما بررت له أبدع كشافه »

ترك القيادة فى ساعة خطر واحدة ، فما بالك بمصير الكومونويلث كله » •

واننا اذ نقرأ هذه السطور اليوم لا يسعنا الا ان نذكر علماءنا الذين تركوا أبحاثهم الخاصة فى أثناء الحرب الأخيرة لكى يخدموا وطنهم • ولكن هناك فارقا جوهريا بين الحاليتين ، ذلك أن فرانكلين كان العالم الأمريكى المشهور الوحيد ذا السمعة العالمية ، ومع ذلك فقد رأى أنه يستطيع تقديم خدمة أكبر لبلاده بالسفر الى الخارج للدفاع عن حقوقها ، أكثر مما لو طبق خبرته العلمية فى تصميم أجهزة جديدة للتدمير • ومع ذلك فقد كانت مكانة فرانكلين العلمية من العظمة — وهو الذى يلقب بنيوتن عصره — لدرجة أن البعض قد ظن أن الرجل الذى تمكن من تسخير البرق سوف يستخدم مواهبه لصنع سلاح رهيب جديد • وكتب هوراس والبول عام ١٧٧٧ يقول : « ان الفلاسفة الطبيعيين يعتقدون أن الدكتور فرانكلين قد اخترع آلة فى حجم علبة الثقاب ومواد يمكنها أن تحيل كاتدرائية سانت بول الى حفنة من الرماد » •

لقد تناولت الأعمال العلمية التى أنجزها بنيامين فرانكلين ميادين مختلفة ، منها دراسات تعتبر الأولى من نوعها فى التوصيل الحرارى ، ونشأة العواصف ، وغيرها • الا أن أكبر أعماله كانت فى الكهرباء • ولقد اهتم بالكهرباء الاستاتيكية ، وهو علم الكهرباء الساكنة أو التى تتحرك فى انتفاضات سريعة مفاجئة • وكانت الحقائق المعروفة عن هذا الموضوع ، قبل فرانكلين ، ضئيلة ولم تكن تفسيراتها مرضية • وعندما ترك هذا الميدان ، كان السجل حافلا

بمجموعة من البيانات والمشاهدات الجديدة ولقد قامت نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بجمع هذه الحقائق وربطها ، وبذلك مهدت الطريق أمام مزيد من التقدم فى المستقبل .

★★★

ان نظرية فرانكلين عن الفعل الكهربى بسيطة ومباشرة ، وتقوم على فكرة رئيسية وهى أنه توجد « مادة مشتركة » تتكون منها الأجسام ، هى « المادة الكهربائية » ، أو اذا استخدمنا مصطلحات القرن الثامن عشر « السائل الكهربى » أو « النار الكهربائية » . وتحتوى جميع الأجسام فى الحالة العادية على كمية ثابتة من السائل الكهربى . ولكن جسما ما ، تحت ظروف معينة قد يكتسب مزيدا من السائل الكهربى أو يفقد بعضا من رصيده منه . وفى هذه الحالة « يتكهرب » الجسم أو « يشحن » فى الحالة الأولى ، عندما يكون بالجسم فائض من السائل الكهربى ، يطلق فرانكلين على الشحنة اسم « موجب » أو « زائد » ، وذلك دليل على أن شيئا قد أضيف إليها ؛ وفى الحالة الثانية ، يطلق عليها اسم « سالب » أو « ناقص » لكى يدل على أن شيئا قد فقد . وعندما ندلك قضيبا من الزجاج بقطعة من قماش الحرير ، فان الزجاج يكتسب مزيدا من السائل الكهربى وتصبح شحنته زائدة أو موجبة . وأكد فرانكلين أن الكهرباء لم تخلق بالاحتكاك ، كما كان يعتقد كثير من معاصريه ، ولكنها فى الواقع أعيد توزيعها بعملية الدلك . فاذا اكتسب الزجاج مزيدا من السائل فلا بد أن يفقد الحرير نفس الكمية ، وبذلك يكتسب شحنة سالبة بنفس المقدار . ونحن اليوم نطلق على هذا اسم قانون «عدم فناء الشحنة» .

ولقد أوضح فرانكلين نظريته وشرحها بالتجربة التالية • اجلس رجلين على مقعدين زجاجيين منعزلين ، وشحن أحد الرجلين بشحنة موجبة والآخر بشحنة سالبة • وعندما تلامست أيدي الرجلين ، فقد كان منهما شحنته لان الفائض من شحنة أحدهما عوض النقص فى شحنة الآخر • فاذا لمس رجل ثالث أيا من الرجلين المشحونين ، انبعثت شرارة كهربائية وأصيب بصدمة لأنه كان لديه كمية من السائل الكهربى أكبر نسبيا من الرجل ذى الشحنة السالبة وأقل من الرجل ذى الشحنة الموجبة •

وكانت هذه التجربة اثباتا بسيطا دراماتيكيًا لفكرة فرانكلين القائلة بأن الكهرباء عبارة عن سائل واحد • ومنذ بضع سنوات فقط كتب ج-ج • تومسون ، الذى كشف عن الخواص الأساسية للالكترونات المتحركة ، يقول : « من العسير أن ننكر أو نقلل من قدر الخدمة التى أدتها نظرية السائل الواحد لفرانكلين لعلم الكهرباء ، وذلك لأنها وجهت البحوث ونسقتها » •

ولكى ندرك أهمية نظرية فرانكلين فى التطبيق ، سوف نذكر مجموعتين من تجاربه كان لهما مغزى خاص • الأولى تبدأ باحدى الحقائق العديدة التى اكتشفها فرانكلين فى مبدأ الأمر والتى تعتبر الآن احدى حقائق العلم الأساسية . وهى «التأثير العجيب للأجسام المدببة» فيما يتعلق «بسحب» و «اطلاق» « النار الكهربائية » • فقد وجد فرانكلين أنه اذا وضع جسما مديبا مثل الابرّة بالقرب من جسم مشحون ومعزول ، فان الابرّة تسحب الشحنة من الجسم ، ولكنها لا تفعل ذلك الا اذا كانت متصلة بالأرض ، أى اذا كانت

متصلة باليد أو متصلة بسلك واصل الى الأرض ، أما اذا غرزت الابرة فى الشمع أو جسم عازل فانها لا تسحب الشحنة الكهربائية . وقد وجد أيضا أننا اذا حاولنا شحن جسم معدنى ذى طرف مسنن أو مدبب فان الجسم « يطلق الشحنة » بنفس السرعة التى يكتسبها . وكشف أيضا أن الجسم المشحون يفقد شحنته اذا نخلنا فوق سطحه رملا ناعما ، أو اذا تنفسنا فوقه ، أو اذا أحرقنا شمعة بالقرب منه أو اذا أحطناه بالدخان .

★★★

ظن كثير من الناس ، قبل أن يجرى فرانكلين بحوثه بحوالى خمسين عاما ، أن البرق له ، فى الغالب ، طبيعة كهربية ، ولكن ما يميز فرانكلين عن سبقوه هو أنه تمكن من تصميم تجربة لاختبار صحة هذا الفرض . صنع نموذجا صغيرا يوضح كيف أن شرارة كهربية قد تنطلق بين سحابتين مشحونتين أو بين سحابة والأرض . ثم انه طالما يمكن لموصل مدبب صغير أن يسحب الشحنة الكهربائية من جسم عازل ومشحون فى العمل ، فانه من الممكن جدا الموصل مدبب كبير قائم على الأرض أن يسحب الكهرباء من احدى السحب المارة فى السماء . وقد أوحى هذا لعقله النشاط أن « هذه المعرفة لقوة هذه الأطراف قد تكون ذات فائدة للانسان ، فى حفظ المنازل والكنائس والبواخر وغيرها من ضربة البرق ، وذلك بأن نقيم ، فوق أعلى جزء من هذه المباني قضباننا من الحديد حادة كالأبر ، ومطلية لمنع الصدا ، ونربط بأسفلها سلكا يصل خارج البناء الى الأرض ، أو ينزل حول أحد أبراج السفينة حتى يلامس الماء » .

وصف فرانكلين التجربة التي اقترح اجراءها لاختبار
صحة فرضه في الكلمات التالية : « فوق قمة يرج عال ضع
نوعاً من أكشاك الحراسة . . . من الكبر بحيث يتسع لرجل
وحامل كهربي . ومن منتصف الحامل مرر قضيباً حديدياً
ثم انته خارج باب الكشك لكي يصل قائماً الى ارتفاع
٢٠ او ٣٠ قدماً وبحيث يكون مديباً جداً في طرفه الأعلى .
فوقه ، عندما تمر مثل هذه السحب المنخفضة ، قد يشحن
بالكهرباء وتنبعث منه شرارات كهربية ، اذ يسحب له
القضيب النار (الكهربية) من السحابة . فاذا خفنا أن
يتعرض الرجل للخطر (ولو أنى اعتقد أن ذلك لن يحدث)
فلندعه يقف فوق أرضية الكشك ، ثم نلف حول القضيب من
آخر حلقة من السلك يتصل أحد طرفيها بالأسلاك
الكهربية ويمسك الرجل بالطرف الآخر عن طريق مقبض
من الشمع ، بحيث تمر الشرارة اذا تكهرب القضيب منه
مباشرة الى السلك ولا تؤثر في الرجل » .

وكان أول من أجرى تجربة « كشك الحراسة » الشهيرة
رجل يدعى دالبيار في فرنسا في العاشر من شهر مايو عام
١٧٥٢ ، وكان قد ترجم كتاب فرانكلين الى الفرنسية بناء
على رغبة العالم الطبيعى جورج دي بوفون (وقد أعجب الملك
لويس الخامس عشر بكتاب فرانكلين لدرجة أنه أمر أن
تجرى بعض التجارب التي جاء ذكرها في الكتاب أمامه) .
ثم أعيدت هذه التجربة في انجلترا بعد ذلك بقليل . ثم
ازداد عدد الناس الذين أثبتوا صحة فرض عالم مدينة
فيلادلفيا . وقام أحد رجال الصناعة البريطانية بالاعلان عن
بيع آلة جاهزة « لاجراء التجربة التي أثبتت صحة نظرية

فرانكلين الجديدة عن البرق » . ولم يجر فرانكلين التجربة بنفسه لأنه كان يعتقد أنه لابد من بناء مرتفع لاجرائها فوقه وكان ينتظر الانتهاء من بناء البرج العالى فوق كنيسة المسيح فى فيلادلفيا . وبعد أن طبع الكتاب ، ولكن قبل أن تصل أنباء نجاح تجربة داليبار فى أوروبا . فكر فى مشروع الطائرة الورق كبديل للبناء العالى ثم أجرى التجربة عليها .

★★★

وضع فرانكلين تصميم تجارب وأجهزة أخرى لاختبار شحنة السحب ، وكان من أنطفها ذلك الزوج من الأجراس الذى وضعه فى مكتبه ، وأوصل أحد الجرسين بسلك الى الأرض والآخر بقضيب موضوع فوق السطح ، وعلق كرة بين الجرسين ، فإذا مرت سحابة مشحونة بالكهرباء فوق المنزل فإن الكرة تتحرك وتضرب الجرسين . ولقد أوضحت دراسات فرانكلين الدقيقة أن السحب قد تحمل شحنات موجبة أو سالبة ، واستنتج من ذلك أن البرق يمر من الأرض الى السحاب بقدر ما يمر من السحاب الى الأرض . ولم تتأيد صحة هذه النظرية الا فى وقتنا الحاضر بواسطة البحوث التى قام بها بـ جـ فـ شوتلاند ومساعدوه فى جنوب أفريقيا .

وأكسبت هذه الدراسات للبرق أو ذلك الاختراع للقضيب المانع للصواعق ، فرانكلين شهرة عالمية ، ولكن العلماء المعاصرين له كانوا أشد إعجابا بتحليله للمكثف الكهربى ، وهو العمل الذى توج شهرته العلمية .

وكان المكثف ، بالشكل الذى عرف به فى القرن الثامن عشر ، عبارة عن وعاء زجاجى تغلفه من الخارج صفيحة معدنية ومملوء بكرات معدنية صغيرة أو الماء أو صفيحة

معدنية • والوعاء مغطى بغطاء خشبي يمر منه قضيب في طرفه الأعلى كرة ومعلق من طرفه الأسفل سلسلة معدنية تنغمس في الماء أو الكرات المعدنية • وكان يسمى هذا الجهاز ، الذي اخترع عام ١٧٤٠ ، « وعاء لايدن » ، لأن أحد الذين اكتشفوه ، كان بيتر فان موشنبروك الأستاذ في لايدن • والصفة الرئيسية للمكثف هي أنه عبارة عن عازل (مثل الهواء أو الزجاج أو الشمع أو الورق) بين سطحين موصلين متصلين اتصالاً وثيقاً بالعازل • وفي أول وعاء لايدن كان الموصل الداخلي هو الماء والعازل هو الزجاج والموصل الخارجي هو يد أحد الرجال • وقد طور موشنبروك هذا الوعاء بينما كان يجري بعض التجارب على آلة كهربية تشحن كرة زجاجية تدور ، وذلك بدلها في يد الشخص الذي يقوم بالتجربة • وكان ينقل الشحنة إلى ماسورة بندقية معلق في طرفها سلك منغمس جزئياً في وعاء زجاجي مستدير مليء بالماء • وعندما أمسك موشنبروك بالوعاء في يده اليمنى وحاول أن يسحب شرارة كهربية من ماسورة البندقية بيده اليسرى « أصبت للدرجة أن كل جسمي قد اهتز كما لو كان قد صعق ، واعتقدت أنني انتهيت » •

★★★

وكان المكثف جهازاً رائعاً ، ويجعله أكبر وأكبر في الحجم ، كان من الممكن الحصول منه على صدمات كهربائية أشد وأقوى • ومن الجلي أن الكهرباء كانت تتراكم فيه بشكل أو بآخر • وكان من الممكن ، لسبب غير معروف ، بدقة ، ونتيجة تركيبه الخاص ، أن تتراكم فيه كمية من

الكهرباء تفوق الكمية التي يمكن ان تتراكم في اى شئ اخر مماثلة في الحجم . وكان الاعتقاد السائد ، وقتئذ ، ان السائل أو السوائل الكهربائية ، تشكل بداخله . كتب موسنبروك خطابا وصف فيه تجربته ونشر هذا الخطاب في « مذكرات » أكاديمية العلوم الفرنسية ، وأنهى خطابه بالتصريح المشهور وهو أنه لن يتلقى أبدا مثل هذه الصدمة حتى ولو نال في سبيل ذلك ملك فرنسا . وأدى ذلك الى أن ينقده بريستلى علنا ويطلق عليه اسم « الأستاذ الجبان » . ويقارن بيته وبين « مستر بوز الشجاع ، الذى نادى بفلسفة بطولية جديرة بأبيدوقليس الشهير ، وكان قد عبر عن استعداده لأن يموت بالصعقة الكهربائية ، مقدما بذلك مادة لمقالة فى مدحجرات أكاديمية العلوم الفرنسية » . ثم أشار بريستلى الى شخص يدعى ريتشمان ، كان قد قتل فى أثناء اجراء تجربة قراىكلين عن كشك الحراسة ، وعلق على ذلك قائلا : « ليس من نصيب كل كهربائى أن يموت ميتة ريتشمان التى استحق أن يحسد عليها » .



وكان جميع علماء الكهرباء فى أوروبا يعجبون ويتساءلون عن الطريقة التى يعمل بها وعاء لايدن . كتب بريستلى : « ان كل شخص شغوف بأن يرى ، بل وأن يلمس التجربة ، رغم الحادث الفظيع الذى وقع » . وقد أرضى الجهاز الجديد شغف البلاط الفرنسى بالعلم وحبه للمظاهر ، وجعل مائة وثمانين جنديا من جنود الحرس يقفزون فى الهواء بدقة قاتت دقة جنود الحرم فى القيام بأية مناورات . وأنتك سبعةائة من زهبان باريس أيدى بعضهم

البعض ، ثم أفرغت شحنة وعاء لايدن فيهم فقفزوا في الهواء بتوقيت دقيق فاق دقة أحسن راقص الباليه وتكونت فرق للعروض الكهربائية وجالت في أنحاء العالم تجمع الثروات .

ونقد أوضحت الدراسات الدقيقة لموضوع المكثف الذى دار حوله جدل كثير ، أن فرانكلين كان أستاذا قديرا فى فن اجراء التجارب العلمية . اذ أثبت أن شحنة الموصل الداخلى تكون دائما عكس شحنة الموصل الخارجى وأن الشحنتين متساويتان فى الكمية ، أى انه عند شحن الوعاء يكتسب أحد الموصلين نفس كمية « السائل الكهربى » التى يفقدها الآخر . وكتب فى هذا الصدد : « وفى الحقيقة أن الوعاء (لايدن) لا يحتوى كمية أكبر من النار الكهربائية بعد شحنه ، ولا كمية أقل بعد تفريغ الشحنة » . ولكى يبرهن على قوله هذا ثبت سلكا فى الغطاء المعدنى الخارجى لوعاء لايدن ووضعه بحيث يكون قريبا من الكرة المتصلة بالماء داخل الوعاء ، ولكنه ليس من القرب بحيث يولد شرارة عندما يشحن الاناء . ثم وضع الوعاء على حامل عازل عباة عن قطعة من الشمع وعلق قطعة من الفلين فى خيط بين السلك والكرة . ولاحظ أن قطعة الفلين « تتراقص بدون توقف من طرف الى الآخر ، الى أن يفقد الوعاء ما به من كهرباء » . أى أن قطعة الفلين كانت تنقل الشحنة من الموصل الموجب الى الموصل السالب حتى عاد التعادل بينهما .

★★★

وقد أوضح فرانكلين أن أهم شيء هو « أن قوة الزجاجاة وقدرتها على اعطاء صدمة كهربية ، تكمن فى الزجاج نفسه » ولكن كيف يمكنك ، أيها القارئ ، أن تثبت أين « تكمن

قوة الوعاء » . ان كل تلميذ يعلم اليوم أن الأسلوب الوحيد لذلك هو اختبار كل جزء من الجهاز على حدة ، ومعرفة الدور الذى يؤديه . ولكن من الواضح أن هذه القاعدة البسيطة لم تكن تعتبر أمرا بديهيا فى أيام فرانكلين ، وذلك نظرا لفشل معاصريه فى القيام بهذا النوع من التحليل الذى اتبعه فرانكلين لدراسة هذا الموضوع .

لقد شحن فرانكلين وعاء لايدن موضوعا فوق زجاج ثم سحب بحذر قطعة الفلين والسلك الساقط منها فى الماء ثم أمسك بالوعاء فى إحدى يديه وقرب اليد الأخرى من فوهة الوعاء . « فخرجت من الماء شرارة كبيرة ، وكانت الصدمة عنيفة كما لو كان السلك مازال مغموسا فى الماء ؛ مما أثبت أن القوة لا تكمن فى السلك » . فاذا لم تكن القوة فى السلك فلعلها تكون فى الماء ذاته . وأعاد فرانكلين شحن وعاء لايدن ثم أعاد سحب قطعة الفلين ، كما فعل فى المرة السابقة ، ثم سكب الماء بحذر فى وعاء لايدن آخر فارغ موضوع على مثل الوعاء الأول فوق جسم زجاجى عازل . ولكن الوعاء الثانى لم يكتسب أية شحنة بعد هذه العملية . وكتب فرانكلين : « فاستنتجنا من ذلك أن [الشحنة أو القوة] إما أن تكون قد فقدت فى أثناء صب الماء وأما أنها بقيت فى الوعاء الأول . وقد وجدنا الاحتمال الأخير هو الصحيح ، وذلك لأن الوعاء الأول أعطى صدمة كهربية حتى بعد أن ملئ وهو فى وضعه فوق العازل بكمية من الماء غير المكهرب من اناء الشاي » .

ومن هذا يتضح أن العنصر الرئيسى هو الزجاج أو العازل الموجود بين الموصلين فى وعاء لايدن . ولكن بقى

اثبات ما اذا كان « الزجاج يمتلك هذه الخاصية باعتباره مجرد زجاج ، أم أن [الوعاء] قد أسهم فى هذا الأمر » .

وكان القسم التالى من التجربة هو اختراع المكثف ذى اللوحين المتوازيين ، فقد وضع فرانكلين قطعة كبيرة من الزجاج بين لوحين مربعين من الرصاص متساويين فى المساحة ولكنهما أصغر قليلا من مساحة الزجاج . وعندما شحن المكثف أزال فرانكلين لوحى الرصاص اللذين كان عليهما كمية صغيرة من الشحنة ، ولاحظ أنه يمكن توليد شرارة كهربية فى الزجاج من أية نقطة يلمس فيها .

وعندما أعيد لوحا الرصاص الخاليان تقريبا من الشحنة الى موضعيهما على جانبي الزجاج ، ثم وصلا بسلك « تولدت شرارة عنيفة » . وعندما تجرى هذه التجربة اليوم أمام التلاميذ فانها تسمى « تجربة المكثف ذى الأجزاء المنفصلة » .

وتفسر بأن العازل - أو الزجاج - قد استقطب فى أثناء شحنه ، أى أنه صار مكهربا . وهناك بعض أنواع من الشمع يمكن أن تستقطب بهذا الشكل بمجرد تسخينها ثم إعادة تبريدها . ومثل هذا الجسم المكهرب اما أن يعطى من نفسه كمية ضئيلة من الشحنة واما لا يعطى أية شحنة على الاطلاق، ولكن اذا وضعنا موصلين على جانبيه، فاننا نحصل على مكثف مشحون يمكن تفريغ شحنته كأي مكثف آخر . وهناك حقيقة أخرى اكتشفها فرانكلين وتدرس للطلبة اليوم ، وهى أن الصدمة الكهربائية التى يعطيها المكثف ذو العازل الرفيع، أكبر من الشحنة التى يعطيها المكثف ذو العازل السميك .

وكانت تجربة فرانكلين عن قطعة الفلين المتأرجحة بين الموصلين تحمل فى طياتها بذرة فكرة عظيمة لم يدركها

فرانكلين ذاته ، فنحن نعلم اليوم أن المكثف لا يفقد شحنته دفعة واحدة ، ولكن فى سلسلة متتالية من الذبذبات ، وهى حقيقة فى غاية الأهمية بالنسبة لعلم اللاسلكى وعلم الالكترونيات الحديث .

ولقد سجلت تجارب فرانكلين الفريدة ونظرياته الرائعة بدء عهد جديد فى علم الكهرباء ، فقد اكتشف ما يعرف اليوم باسم تأثير فاراداي ، وهو أن الشحنة التى على جسم أسطوانى (أو كرة فارغة) تكون على سطحها الخارجى فقط . ولم يستطع فى مبدأ الأمر تفسير هذه الظاهرة . ولكن جاءه الجواب فيما بعد وهو أن « السائل الكهربى يتنافر ذاتيا ، وأن تناسق الموصل يؤدي الى أن يوزع السائل نفسه على السطح الخارجى . ومن هذا التفسير ، توصل جوزيف بريستلى صديق فرانكلين الى أن قانون الفعل الكهربى لا بد أن يتبع قانون التربيع العكسى تماما مثل قانون الجاذبية . ومع أن هذا الاستنتاج كان قد نشر الا أن أحدا لم ينتبه إليه وبقي مجهولا لكى يعيد تشارلس كولوم اكتشافه بعد عشرات السنين ولكى يطلق عليه اسم « قانون كولوم » .

غير أن هناك مزية أخرى لنظرية فرانكلين ، وهى سهولة اجراء القياسات ، إذ ركزت الانتباه على كمية « السائل الكهربى » أو الشحنة التى يكتسبها أو يفقدها الجسم . وعند اجراء تجربة على جسمين فانه لا يهم أى الجسمين يستخدم لأن قانون عدم فناء الشحنة لفرانكلين يعنى أن كمية الشحنة التى اكتسبها أحد الجسمين ، تساوى كمية الشحنة التى يفقدها الآخر . وقد بنى علماء الكهرباء الذين كانوا

أول من أجرى قياسات الكمية الكهربائية - من أمثال فولتا وبنيت وكانتون وكافنديش وهينلى - بتوا هذه القياسات على نظرية فرانكلين عن السائل الواحد وعلى قانون عدم فناء الشحنة المستمد من هذه النظرية .

★★★

وكثيرا ما يقال ان فرانكلين كان أمريكيا تماما فى معالجته للعلم ، أى انه يهتم أساسا ، ان لم يكن كليّة ، بالاستفادة من تطبيقاته . وصحيح انه عندما كشف اثر الموصلات المديية المتصلة بالأرض ، طبق هذا الكشف فى اختراع مانعة الصواعق ، ولكنه لم يكشف هذه الحقائق لدى اخترع مانعة الصواعق . والواقع ان اختراعات فرانكلين كانت من نوعين ، أحدهما لمجرد التطبيق ، مثل اختراعه للزجاج ذى البورتين ، والذي لم يكن يحتاج الى معرفة عميقة للنظريات الضوئية ، وكذلك اختراعه جهازا لاضار الكتب من الأرفف دون الوقوف فوق أحد الكراسى . ومن الناحية الأخرى ، فان اختراع مانعة الصواعق يتطور عن طريق البحث العلمى الحديث . ولو كان فرانكلين قد اقتصر على معالجة العلم بشكل تطبيقي وانتفاهى لكان من المشكوك فيه أن يدرس موضوع الكهرباء على الاطلاق ، ففي القرن الثامن عشر لم يكن هناك سوى تطبيق عملى واحد للكهرباء ، ألا وهو استخدام الصدمات الكهربائية فى العلاج ، وبالذات فى علاج الشلل . (ومع العلم بأن فرانكلين قد اشترك أحيانا فى مثل هذا العلاج الا أنه لم يكن يؤمن أن الصدمة نفسها كانت تسبب علاج المريض بالشلل ، ولكن بصيرته النفاذة ، والملمه بعلم النفس ، جعله يدرك أن حالات الشفاء انما تتم

لرغبة المريض فى الشفاء أكثر منها بسبب مرور السائل الكهربى) •

لقد درس فرانكلين الطبيعة رغبة منه فى استجلاء أسرارها ، واختار علم الكهرباء الاستاتيكية لأن المصادفة جلبت له الأجهزة التى يمكنه بواسطتها دراسة هذا الموضوع ، ولأنه سرعان ما أدرك أن هذه الدراسات تتفق وميوله ومواهبه •

جاء فى نهاية إحدى رسائله العبارات التالية المليئة بالتواضع التى يجدر أن يتخذها المشتغلون فى البحث العلمى نبراسا لهم : « ان كثيرا من هذه الأفكار ، يا صديقى العزيز ، فجأة وفيها تسرع ، ولو كنت طموحا لاكتساب الشهرة فى الفلسفة (يعنى الفلسفة الطبيعية ، أو العلوم) لوجب على أن أحتفظ بهذه الأفكار لنفسى حتى أصبحها بمنزلة الزمن وبأجراء مزيد من التجارب • ولكن لما كانت الاشارات العابرة والتجارب الناقصة فى أى فرع جديد للعلم تؤدي ، عند تناقلها الى نتائج وآثار طيبة ، وذلك باثارة شغف النابهين الى الموضوع •• فانك فى حل من اطلاق من تحب على هذه الرسالة • واننى أفضل أن تزداد المعرفة عن أن يقال ان صديقك فيلسوف دقيق » •

وباكتشاف الالكترونات والبروتونات والنيوترونات تساءل كثير من كتاب هذا العصر عما اذا كانت نظرية فرانكلين عن السائل الواحد أقرب للمفهوم الحديث للكهرباء أم نظرية معاصريه عن السائلين ، وفى رأى أن هذه المناظرات لا معنى لها وأن هذا الجدل لا قيمة له ، فان

أهمية الأعمال التي أداها فرانكلين لعلم الكهرباء لا تكمن في درجة شبهها لهذه النظريات الحديثة ، ولكنها تكمن في تأثير بحوثه على فتح الطريق الذي أدى بنا الى التوصل للنظريات الحديثة .

وفي الوقت الذي قام فيه فرانكلين بدراساته ، كان العلم واقعا تحت تأثير اسحاق نيوتن ، الذي أوضحت تعاليمه ونظرياته أن حركة العالم يمكن تفسيرها بواسطة قوانين رياضية بسيطة . وقد أقنع نيوتن كل الناس تقريبا بأن الرياضيات والقوانين الرياضية هي الحل الوحيد والمفتاح لفهم الطبيعة . غير أن كثيرا من الناس نسوا أن تطبيق التحليل الرياضي على حركة الأجرام السماوية وفوق الأرض صار ميسورا لأن الحقائق كانت قد جمعت وصنفت ، وكانت في حالة يمكن لعبقريته الفذة أن تصنع منها أعظم تخليقات العصر العلمي الحديث . أما بالنسبة للضوء ، فإن نيوتن لم يصنع ما صنعه في علم الميكانيكا ، كما لم يستطع أن يضع كشفه « الكمية أو النوعية » في قالب قوانين رياضية عامة . كان نيوتن في علم الضوء أحد الجهابذة الذين وقف على أكتافهم بعض المخلقين ممن خلفوه . وعلى العكس من كتاب « البرنكيبييا » الذي وضع له نيوتن الشعار التالي : « أنا لا أضع فروضا » ، فإن كتابه « البصرييات » يحتوي على مجموعة طويلة من « التساؤلات » التي ناقش فيها التفسيرات المحتملة لمشاهداته . وهذه تشبه تخمينات فرانكلين عن الظواهر الكهربائية . ففي عصر فرانكلين لم تكن حالة علم الكهرباء تسمح بوضع تفسير رياضي شامل ، تماما كما كانت حالة علم الضوء في عصر نيوتن ، وكان العلم في حاجة

الى جهابذة يقومون بالكشف عن حقائق الشحنة ، والتوصيل ،
والتوصيل الأرضى ، والعزل وتأثير شكل الموصلات ، وغيرها ؛
جهابذة يصنعون نظرية قابلة لتفسير هذه الظواهر وتوحيدها
بحيث تجذب الانتباه الى العناصر الرئيسية التى يمكن
قياسها . ولقد مهد نجاح فرانكلين الطريق أمام نظريات
القرن التاسع عشر الرياضية .

ولكن الأهم من ذلك ، أن تمكنه من فن اجراء التجارب ،
وتفسيراته الناجحة المتعاضدة التى عبر عنها فى عبارات
فيزيائية ومفاهيم بسيطة ، والحقائق الكثيرة الجديدة التى
كشف عنها النقاب ، أعطت علم التجربة شرفا جديدا فى أعين
معاصريه فى القرن الثامن عشر .

كتب الفيلسوف القرنى ديدرو ، فى رسالة عن تفسير
الطبيعة ، أن كتاب فرانكلين عن الكهرباء ، مثل أعمال
الكيميائيين ، يمكن أن تعلم الانسان طبيعة فن التجربة
وأسلوب استخدام التجارب فى البحوث لكشف النقاب عن
الطبيعة دون مضاعفة خباياها .

وبشكل هذا الفهم ، آمن معاصرو فرانكلين به باعتباره
نموذج الجديد ، وكان هذا أول عمل عظيم تقدمه أمريكا
للتفكير العلمى . وفى ضوء هذه الحقائق لا يبقى شك فى
مكانة فرانكلين العلمية ولا فى حقه فى أن يعتبر أول عالم
أمريكى .

ميخائيل فاراداي

يشتهر ميخائيل فاراداي بأنه صاحب التجارب التي أدت إلى كشف كهرباء العث • ويتجاهل التاريخ أنه كان أيضا أحد عظماء مؤسسي الفيزياء الحديثة • وبقينا ، يمكننا القول بأنه الرجل الذي بدأ الثورة التي حطمت حكم نيوتن الطويل والتي أعادت بناء الفيزياء على أسس نظرية جديدة ، وذلك لأن فاراداي كان العالم الأول الذي اقترح فكرة المجال ، وهو المفهوم الذي أصبح فيما بعد الركن الأساسي في نظرية جيمس كلارك ماكسويل الكهربية المغناطيسية ، والنظرية العامة لألبرت آينشتاين عن النسبية ، وتقدم القرن العشرين نحو فهم حقائق الطبيعة •

ومما يدعو إلى العجب في هذا المجال أن الملم فاراداي بالرياضيات كان ضئيلا ، ولم يتعد في دراسته المرحلة الابتدائية ، الشيء الذي يجعل كثيرا من علماء الفيزياء المعاصرين لا يتصورون كيف أتم أعماله العظيمة • والحقيقة أن جهل فاراداي بالرياضيات ساعد في الهامة ، واضطره حين كان يبحث عن تفسير للظواهر الكهربية والمغناطيسية التي يشاهدها ، إلى وضع وتطوير مفهوم بسيط غير رياضي •

ولعل كشفه لنظرية المجال يوضح صفتيه اللتين عوضتا نقص تعليمه ألا وهما خياله الرائع ، واستقلال وأصالة تفكيره .
وقد أكد المؤرخون قدرات فاراداي العقلية الجبارة وتعلقه الكبير بتجاربه العلمية . ومن حسن حظ مؤرخيه ، أنه كتب كل شيء عن حياته ، فمذكراته وملاحظاته نشرت في سبعة مجلدات . وكان اهتمامه مركزا على علمى الفيزياء والكيمياء . وكان اهتمامه بالنساء قليلا (ولو أنه تزوج) واهتمامه بالمال أقل . وكان فى امكانه أن يحصل على ثروة هائلة من كشافه ولكنه كان يعتمد أن يترك كل مشروع علمى عندما يصل الى مرحلة القيمة التجارية . والواقع ان فاراداي ولد فقيرا ، ومات فقيرا ، وكان عمله الذى استغرق حياته خير مكافأة له .

ولد فاراداي من أب يعمل حدادا ، بالقرب من لندن فى ٢٢ سبتمبر عام ١٩٧١ . وكانت عائلته فقيرة فلم يستطع أن يتم تعليمه . جاء فى مذكراته : « كان تعليمى من النوع العادى جدا ، لا يتعدى الالمام بالقراءة والكتابة والحساب ، فى احدى المدارس الصباحية العامة . وكنت أقضى وقتى خارج المدرسة اما فى المنزل واما فى الشارع » . وفى سن الثالثة عشرة اشتغل ساعيا فى ورشة لتجليد الكتب يديرها رجل يدعى ريبو . وبعد سنة عينه ريبو صبيا فى عملية التجليد بعقد لمدة سبع سنوات . ولقد أبدى فاراداي شغفا كبيرا بكتب ريبو . وكتب فى مذكراته : « عندما كنت أعمل صبيا ، شغفت بقراءة الكتب العلمية التى كانت تقع فى يدي ، ومن بينها كتاب مارسيت «مناقشات فى الكيمياء» ، وما جاء فى الموسوعة البريطانية عن الكهرباء . ثم حضر

فاراداي بعض المحاضرات عن الكيمياء التي كان يلقونها
العالم الشهير سير همفري دافى ، ودون عنها مذكرات دقيقة
ومرتبة . ثم قدم طلبا لكى يعمل فى الجمعية الملكية ،
ورفض هذا الطلب .

وعندما انتهت فترة تمرين فاراداي فى ورشة التجليد
عام ١٨١٢ ، اشتغل مجلدا متجولا للكتب مع مسيو دى لاروش
ولكنه لم يكن سعيدا بهذا العمل ، ولذلك سرعان ما قدم طلبا
للعمل الى سير دافى ، وقدم مع طلبه هذا مذكراته عن
محاضرات الكيمياء كدليل على جديته . وكان دافى رجلا
حكيمًا وتأثر من هذه المذكرات فعين فاراداي سكرتيرا له ،
ولكنه فصله من خدمته ، بعد بضعة شهور ، ونصحه أن يعود
الى عمله فى تجليد الكتب . ولم يمض زمن طويل حتى غير
دافى رأيه وأعاد فاراداي الى خدمته مساعدا لمعمله .

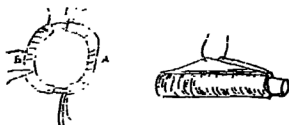
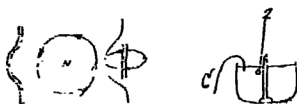
ومنذ ذلك الحين كرس فاراداي معظم وقته للعمل فى
بحوثه العلمية . وبعد جولة استغرقت عامين فى أوروبا مع
سير همفري ، استقر فاراداي للعمل فى معمل دافى . وأجرى
من التجارب فى الكيمياء ، والكيمياء الكهربائية ، والتعدين
ما كان يكفى لتثبيت سمعته كعالم ، فقد كشف البنزين ،
وأنتج لأول مرة الصلب غير القابل للصدأ ، وكان أول من
حول كثيرا من الغازات الى سوائل ، وكشف قوانين التحليل
الكهربى ، والدوران المغناطيسى لمستوى الضوء المستقطب .
ولكن ما يهتما فى هذا المجال هو عمله الأساسى فى الكهرباء
المغناطيسية .

فى عام ١٨٢٠ ، أعلن عالم الفيزياء الدانمركى هانز
كريستيان أورستد عن كشفه لوجود علاقة بين المغناطيسية

والكهرباء ، فقد وجد أن مرور تيار مستمر في سلك يسبب انحراف ابرة مغناطيسية موضوعة بالقرب من السلك . ولذلك فقد استنتج أورستد وجود مجال مغناطيسي محيط بالسلك الكهربى ، ويعمل على شكل حلقات حول السلك وعمودية عليه ، وفى السنة التالية استبدل العالم الفرنسى اندريه مارى امبير بالابرة المغناطيسية سلكا آخر يمر به تيار كهربى ، ولاحظ وجود قوة جذب أو تنافر مغناطيسى بين السلكين ، الأمر الذى كان يعتمد على اتجاه مرور التيار .

اهتم دافى وفاراداي ، برغم انشغالهما بالبحوث الكيميائية ، بهذا الكشف الكهربى المغناطيسى الجديد ، وأعادا التجارب لكى يتأكدا من صحته . وفى نفس الوقت اقترح العالم الانجليزى المرموق وليام هايد وولاستون على دافى احتمال أن يودى المجال المغناطيسى الى الدوران . وقد دس فاراداي هذا بدوران السلك حول محوره ، ولكنه فشل فى الوصول الى مثل هذه النتيجة . غير أنه سرعان ما توصل ، سواء منفردا أو بعد سماعه بنظرية أورستد ، الى التأثير الدائرى والعمودى للمجال المغناطيسى حول الموصل . ولذلك فقد تصور أنه اذا وجد قطب مغناطيسى فانه لابد أن يدور حول الموصل ، وأن العكس لابد أن يكون صحيحا ، أى أن الموصل ذاته لابد أن يدور أيضا حول قطب مغناطيسى .

وبدأ فاراداي فورا فى اجراء التجارب الشهيرة التى أدت الى كشفه المبادئ الأساسية للمحرك الكهربى . وفى أول تجربة ثنى سلكا كهربيا على شكل « بنطة النجار » ، ومرر أحد طرفى السلك فى قطعة من الفلين عائمة فى



رسم من مذكرات فاراداي تبين التقدم في تجاربه الكهربيه والمغناطيسيه . فالرسم الأعلى الى اليسار يبين كيف ثنى سلكا موصلا على شكل منحنى ، يطفو احد طرفيه على قطعة فلين فوق زئبق ، ثم وضع قضيبا مغناطيسيا فى المنحنى ، مما سبب دوران السلك حول القضيب ، وهذه أول تجربه فى الدوران الكهربى لمغناطيس . ثم ثبت بعد ذلك المغناطيس رأسيا فى حوض به زئبق ، كما يبين الشكل الأعلى الى اليمين ، لكى يسمح للموصل العائم أن يدور تماما حوله ، وهذه هى نظرية المحرك الكهربى . وفى عام ١٨٣١ ، لف سلكين (أو ملفين) ١ ، ب حول حلقة من الحديد ، ثم وصل ١ ببطارية ، كما يبين الشكل الأوسط الى اليسار ، فتسبب هذا فى مرور تيار متقطع فى ب ، وبهذا اكتشف التيار بالحث . وعندما ادخل واخرج قضيبا مغناطيسيا فى أسطوانة مجوفة وملف متصل بجلفانومتر ، كما فى الشكل الأوسط الى اليمين ، اثبت أن التيار يمكن أن يتولد بالحث بوساطة الحركة النسبية للموصل والمجال المغناطيسى ، وهذه نظرية المولد الكهربى . والشكل السفلى يبين كيف أدار فاراداي قرصا من النحاس بين قطبى للمغناطيس المركب للجمعية الملكية ، فولد بذلك تيارا مستمرا بالحث - ميلاد الدينامو .

حوض به زئبق ، وأوصل الطرف الآخر ببطارية بوساطة
فنجان فضى مقلوب ، ثم وضع قضيبا مغناطيسيا فى الجزء
المعنى من السلك ، وعندما مر التيار الكهربى فى الدائرة
الكهربية دار الجزء المتعنى من السلك الى أن اصطدم
بالقضيب المغناطيسى الثابت - ثم طور فاراداي التجربة
بحيث يتمكن السلك من الدوران حول المغناطيس دون
عائق ، فاستخدم قطعة مستقيمة من السلك يمر أحد طرفيها
بقطعة فلين طافية فى وعاء الزئبق - ولقد أدى مرور التيار
الكهربى الى دوران السلك المستمر حول المغناطيس - وعندما
عكس اتجاه التيار ، دار السلك فى الاتجاه المضاد - وتبين
الأشكال المرسومة فى الصفحة ١٦١ ، المرسومات المبسطة
لهاتين التجريبتين التى رسمها فاراداي نفسه -

ثم استطرد فاراداي لاجراء التجربة العكسية لكى
يرى ما اذا كان المغناطيس يدور حول موصل ثابت - وفى
هذه الحالة ، كان القضيب المغناطيسى (وقد وضع ثقلا من
البلاتين بطرفه الأسفل) يطفو بحرية فى الزئبق وكان السلك
ثابتا - وكما توقع فاراداي دار المغناطيس حول السلك
الذى يمر به التيار الكهربى -

★★★

وعندما نشر فاراداي نتائج هذه التجارب اتهم فى الحال
باستخدام أفكار وولاستون دون وجه حق - والواقع أن
فاراداي أساء تفسير رأى وولاستون وأخذ على أنه
يعنى دوران السلك حول محوره - أما تجاربه ونتائجها
فكانت من عتده - وبمضى الوقت زال سوء التفاهم ، ورشح
فاراداي لعضوية الجمعية الملكية - وقد زكى وولاستون

ترشيح فاراداي ، ولكن دافى صوت ضده ، ولعل ذلك بسبب
غيرته . ومع ذلك فقد انتخب فاراداي عضوا عام ١٨٢٤ .

وبعد ذلك ، ترك فاراداي تجاربه عن الكهريسة
المغناطيسية وعاد الى الكيمياء . ولكن فكرة لا يمكن تجاهلها
ظلت عالقة بذهنه . اذا كان التيار الكهربى يولد المغناطيسية ،
آلا يمكن للمغناطيس أن يولد تيارا كهربيا ؟ وفى عام
١٨٢٤ ، ومرة أخرى فى عام ١٨٢٥ ، حاول أن يولد تيارا
كهربيا بالحث فى سلك بوضع مغناطيس بالقرب منه ، ولكن
هذه المحاولات فشلت . ولم يكن قد قدر بعد أهمية الحركة
فى الظاهرة التى أوضحها أورستد . ان حركة التيار
الكهربى فى السلك التى أوجدت المغناطيسية . ولكى يحصل
على التأثير العكسى ، كان لابد أن يحرك المغناطيس بالنسبة
للسلك .

وفى عام ١٨٣١ ، أنهى فاراداي بحوثه الكيميائية
وكرس نفسه كلية للمسألة التى كانت تلح على فكره . وفى
يوم واحد - ٢٩ أغسطس ١٨٣١ - وجد الاجابة التى دلته الى
الطريق الصحيح . بدأ تفكيره هذه المرة من الحالة المماثلة
للحث فى الكهرباء الاستاتيكية . وكان معلوما أن جسما
مشحونا يستطيع أن يولد شحنة كهربية بالحث على جسم آخر
قريب منه . واذن ، فلعل تيارا كهربيا فى سلك يولد تيارا
بالحث فى سلك آخر على مقربة منه ولاختبار صحة هذه
الفكرة أجرى فاراداي تجربة بدائية غريبة ، يوضحها الرسم
الأوسط فى الصفحة ١٦١ . واليك ما جاء فى مذكراته عن
هذه التجربة الشهيرة :

« لقد صنعت حلقة من الحديد المطاوع • وكان الحديد دائريا سمكه $\frac{1}{8}$ بوصة ، والقطر الخارجى للحلقة ست بوصات • ولففت عدة لفات من سلك نحاسى حولها بحيث يفصل اللفات دوبارة وقطع من قماش القطن • وكانت هناك ثلاثة أطوال من السلك ، كل منها ٢٤ قدما ، ويمكن توصيلها معا أو استخدامها منفصلة • ثم عزلت كلا من هذه الأطوال عن الآخر ولتطلق على هذا الجانب الحلقة أ • وفى الجانب الآخر ، وعلى مسافة منه ، لففت سلكا مكونا من قطعتين ، يصل طولهما الى حوالى ٦٠ قدما ، واتجاه اللف هو نفس اتجاهه فى الملف السابق • ولنسم هذا الجانب من الحلقة ب •

« وشعنت بطارية من عشرة أزواج من الألواح مساحة كل منها أربع بوصات مربعة • وجعلت الملف الذى على الجانب ب ملفا واحدا ، وأوصلت طرفه بسلك نحاسى يصل الى مسافة ثلاث أقدام من الحلقة ويمر فوق ابرة مغناطيسية ، ثم أوصلت طرفى احدى القطع التى على الجانب أ بالبطارية • ظهر فى الحال تأثير ملحوظ على الابرة ، اذ تارجحت ثم عادت الى وضعها الاصلى • وعند قطع اتصال الجانب أ بالبطارية حدث اضطراب آخر فى الابرة » •

لاحظ فاراداي أنه عند قفل الدائرة تنحرف الابرة فى أحد الاتجاهات ، وعندما تفتح الدائرة تتحرك الابرة فى الاتجاه المضاد • ولكن لا يحدث أى انحراف عندما تسرى الكهرباء فى الملف الأول •

وأخيرا حصل على الكهرباء من المغناطيسية . ولكنه لم يكن راضيا ، فقد كان يتوقع ان يسبب التيار في الملف الابتدائي تيارا مستمرا في الملف الثانوي ، ولكن بدلا من ذلك ، نتجت فقط تأثيرات مؤقتة في لحظة اغلاق وفتح الدائرة في الملف الابتدائي . ومع ذلك فقد كان لديه احساس بأنه قاب قوسين أو أدنى من النجاح ، وكتب الى أحد أصدقائه قائلا : « انتنى مشغول في الوقت الحاضر في الكهرباء المغناطيسية ، وأعتقد أنني أمسكت بشيء ذي قيمة ، ولكنني لا أستطيع أن أحده . ولعل بعد كل هذا الجهد قد أمسكت بقطعة من العشب بدل السمكة التي أبحث عنها » .

واستمر فاراداي في اجراء تجاربه ، وفي ١٧ من أكتوبر عام ١٨٣١ ، أجرى تجربة أوضحت أنه أمسك بسمكة كبيرة جدا . وفي هذه التجربة - وهي أبسط وأشهر تجاربه - لف ملفا حول أسطوانة مجوفة من الورق ، وأوصل طرفي الملف بجلفانومتر . وعندما دفع قضيبا مغناطيسيا بسرعة داخل الملف ، انحرفت ابرة الجلفانومتر ، وعندما سحب القضيب المغناطيسي انحرفت الابرة مرة أخرى ولكن في الاتجاه المضاد . والواقع أنه لم يكن هناك اختلاف سواء حرك المغناطيس أو الملف ؛ ففي الحالتين نحصل على تيار بالحث في السلك . وبذلك أصبح من الواضح دون أي شك أن ما سبب حدوث التيار هو حركة الموصل أو المجال المغناطيسي كل منهما بالنسبة للآخر .

وهكذا كشف فاراداي المبدأ الأساسي للمولد الكهربائي . ولقد مهدت هذه التجربة لانتاج تيار كهربائي مستمر بالحث . وبعد أحد عشر يوما خلق فاراداي هذا التيار وذلك بالجهاز

الموضح فى الرسم السفلى فى الصفحة ١٦١ . استخدم المغناطيس المركب الذى كان فى الجمعية الملكية وركز قوة الأقطاب بأن وضع عند طرفى المغناطيس الكبيرين مغناطيسين صغيرين طول كل منهما ست بوصات ، وأدار بين هذين المغناطيسين قرصا من النحاس حول محور من البرونز . وعند طرف القرص وضع موصلين من النحاس على مسافات مختلفة من القطبين ، وبذلك حصل على انحراف ثابت تقريبا للابرة . ونقول « تقريبا » لأنه وجد مشقة فى الإمساك بالموصلين طوال الوقت .

وقد أجرى فاراداي تجارب أخرى كثيرة عن الحث الكهربي المغناطيسى ، ولكن هذه التجارب لم تكن فى الأغلب سوى تعديلات لتجاربه الأساسية . وكانت تجربته الأولى على الحلقة الحديدية هى التى منحت العالم أول محول كهربى . والتجربة الأخرى التى شرحناها حالا هى التى نتج عنها أول مولد .

أرسل فاراداي بنتائج تجاربه الى الجمعية الملكية فى خلال شهر ، وبعد ذلك نشر هذه البحوث باعتبارها الجزء الأول من « بحوث تجريبية فى الكهرباء » وفيها أعاد ترتيب تجاربه بطريقة حيرت المؤرخين فيما بعد .

وبمجرد نشر هذه التجارب ، ثارت مرة أخرى مسألة الأولوية فى اكتشافها . كان العالم الفيزيائى الأمريكى جوزيف هنرى قد كشف فعلا الحث الذاتى ، وادعى ليوبولد نوبيل وكفاليرى أنتينورى الايطاليان أنهما كشفا التأثير الكهربي المغناطيسى قبل أن ينشر فاراداي نتائج بحوثه ،

والواقع أن الايطاليين أجريا تجاربهما بعد سماع نتائج تجارب فاراداي . ولقد تمكن فاراداي من اثبات أسبقيته في الوصول الى هذه النتائج .

★★★

ولم يكن فاراداي راضيا عن اكتشاف الحث الكهربى المغناطيسى . كان يريد أن يعرف لماذا يحدث ؟ ولما كان عاجزا عن إعطاء تفسير رياضى لموضوع ، فقد وضع له نموذجا فيزيائيا مستمدا من الظاهرة المألوفة وهى اتخاذ برادة الحديد أشكالا ذات خطوط منتظمة حول المغناطيس . ولكن لماذا تتخذ شكل خطوط ؟ ولهذا فقد افترض فاراداي أن الفضاء المحيط بالمغناطيس مليء بخطوط قوى . وتتمثل القوة المغناطيسية على هيئة خطوط غير مرئية مشدودة مثل خيوط المطاط . وترتب برادة الحديد نفسها بواسطة الجذب المغناطيسى على هذه الخطوط .

ولم يقف فاراداي عند هذا الحد ، لقد ملأ كل الفضاء بخطوط القوى ، وقدم المفهوم الثورى القائل بأن الفضاء تتخلله أنواع مختلفة من القوى المغناطيسية والكهربية والاشعاعية والحرارية والجاذبية . وتوضح الخطوط فى كل الحالات كلا من اتجاه ومقدار القوة . فمثلا ، عند قضيب من المغناطيس تتجه خطوط القوى من القطب الموجب الى السالب أو من القطب الشمالى الى الجنوبى ، كما يدل عدد خطوط القوى الخارجة من القطب المغناطيسى على قوة هذا القطب عند أية نقطة . وهذه الخطوط أكثر كثافة بالقرب من المغناطيس غنها عند أية نقطة بعيدة فى الفضاء . كما تتحدد كمية الكهرباء التى يمتلكها جسم ما ، حسب رأى

فاراداي، بعدد خطوط القوى التي تنبعث منه • وتنتهي جميع خطوط القوى في مكان ما ، اما على جسم آخر قريب ، واما على جدران الحجرة واما عند الكواكب في الفضاء • وعند كل نهاية توجد كمية من الكهرباء تساوي في الكمية شحنة الجسم الأصلي ولكنها تضادها في الاتجاه •

واستنتج فاراداي أن نظرية خطوط القوى تفسر كيف يحدث تيار حث في موصل • انه ينتج كلما قطع الموصل خطوط القوى المغناطيسية • وكشف أهمية سرعة الحركة ، وكتب في ذلك : « اذا تحرك السلك ببطء ينتج تيار ضعيف في السلك ويستمر هذا التيار في أثناء حركة السلك ؛ أما اذا قطع السلك خطوط القوى بسرعة فان تيارا أقوى ينتج ولكن لوقت أقصر » • والحقيقة أنه لا ينتج تيار ولكن ينتج فرق جهد ، ويحدث التيار نتيجة لهذا الفرق في الجهد •

وتدرج فاراداي بعد ذلك من فكرة خطوط القوى المختلفة التي في الفضاء الى افتراض أن هذه الخطوط تملأ كل الفضاء ، فقد كتب في مذكراته عام ١٨٤٦ : « كل ما يمكن أن أقوله هو اننى لا أستطيع أن أتصور في أى جزء من الفضاء ، سواء كان فراغا ، حسب الاصطلاح الدارج ، أو مليئا بالمادة الا القوى والخطوط التي تعبر عنها •

وهنا نحصل على الأصل التاريخي لنظرية المجال ، ولو أن فاراداي نفسه لم يشر قط الى نظامه باسم «نظرية المجال» أو «مفهوم المجال» • والواقع أنه وضع نظريته تحت الاختبار وكان على استعداد لاهمالها اذا أثبتت التجربة عدم صحتها •

لماذا يعتبر المجال مفهوما ثوريا ؟ السبب في ذلك هو أن علماء الفيزياء حتى وقت فاراداي كانوا يركزون تفكيرهم حول الجسيم المادى ، وحاولوا استخلاص جميع الظواهر من مفهوم الجسيم . وكانت العمليات الفيزيائية تفسر بواسطة قوانين نيوتن عن الحركة وقوى التفاعل المتبادل بين الجسيمات ، فجاء فاراداي وأزاح الجسيم بعيدا وتوج مكانه خطوط القوى التى تملأ الفضاء . ولم يكن فاراداي يهتم بالجسيم الكهربى أو المغناطيسى بقدر ما كان يهتم بالفضاء الذى تعمل فيه هذه الجسيمات . وهذا هو كل أساس مفهوم المجال . فما يهم فى نظرية المجال انما هو انحاة الهندسية والفيزيائية للفضاء ذاته .

وكان فاراداي ، بالنسبة لهذه النقطة فى غاية الوضوح ، فقد كتب فى « بحوث تجريبية » : « وفى ضوء هذا الفهم للمغناطيس ، يكون للوسط أو للفضاء المحيط به نفس أهمية المغناطيس ، ويكون بذلك جزءا من النظام المغناطيسى الحقيقى والكامل » .

وهنا نلاحظ أن فاراداي كان يرى ما يطلق عليه اليوم اسم نظرية المجال المزدوج أو الثنائى ، وهى النظرية التى تعطى نفس الأهمية للجسيم والمجال ولكن التى يلعب فيها المجال الدور الاسامى والقيادى . وبهذا يكون لفاراداي سبق فى الثورة النسبية الحديثة فى علم الفيزياء ، كما يجب أن نرقى بمفهوم المجال الى مصاف أعظم ما أبدعه العقل العلمى .



ولم يكن فاراداي يعتبر فكرة المجال نظرية مستقلة عن نظام نيوتن ، ولكنه كان يعتبرها مكمله لهذا النظام . ولم يكن في نيته أن ينزل مفهوم الجسيم عن عرشه ، ولكن هذا حدث فيما بعد كنتيجة لقروض فاراداي . وقد بدأ فاراداي أيضا عملية انهيار مفهوم آخر هام ، وهو مفهوم « العمل من بعد » ، فقد افترض نيوتن ، كما آمن بهذا الفلاسفة قبله بزمان طويل ، أن القوى يمكن أن تعمل وتؤثر على مسافات بعيدة وفي الحال ودون الحاجة لأي وسط . وكان اعتقادهم أن هذا هو السبيل الوحيد لتفسير طريقة عمل قوة الجاذبية بين النجوم والكواكب .

وكان لنظرية « العمل من بعد » في القرن التاسع عشر قدم رأسخة في علم الفيزياء . ولكن فاراداي شعر أن هذا المفهوم غير مقنع وأن افتراضات الميكانيكا النيوتونية تتعارض وظواهر الكهرباء الديناميكية . فلم يتردد في نبذ فكرة « العمل من بعد » ، وصياغة مفهومه الخاص حيث تحتاج القوة الى زمن لكي تنتقل، ووسائل انتقالها هي خطوط القوى . وقد أجرى فاراداي تجاربه كلما أمكنه ذلك ، لاثبات أن القوة تحتاج الى وقت حتى تنتقل . وقد فشل في حالة قوة الجاذبية ، ولكنه لم يتزحزح عن اعتقاده وإيمانه بصحة مفهومه . ولم يحطم فاراداي نفسه مفهوم « العمل من بعد » ، ولكن هذا المفهوم تحطم على يدي ماكسويل ، الذي أزاله من علم الكهرباء الديناميكية ، وكذلك هندريك لورنتز ، الذي أدت معادلاته التحويلية الى اختفائه تماما من علم الفيزياء .

وفي مايو عام ١٨٤٦ ، نشر فاراداي بحثاً طريفاً عن بعض تأملاته تحت عنوان « آراء حول تذبذبات الأشعة » تنبأ فيه بنظرية الضوء الكهربية المغناطيسية . وكتب في ذلك : « ان وجهة النظر التي أجد في نفسى الجسارة لأن أتقدم بها ، تعتبر الاشعاعات نوعاً ممتازاً من ذبذبات خطوط القوى المعروف أنها تربط الجسيمات ، وكذا كتل المادة ، بعضها ببعض . ووجهة النظر هذه تحاول تجاهل الأثير ، ولكنها لا تتجاهل الذبذبات » . وجاء ماكسويل بعد ذلك بقليل لتطويع هذا الرأى الجسور رياضياً وإعلان النظرية الكهربية المغناطيسية . وكان فاراداي نفسه قد أوجد علاقة تجريبية بين الضوء والمغناطيسية ، فقد أوضح في سلسلة من التجارب الرائعة أن المجال المغناطيسى يمكنه أن يسبب دوران مستوى الضوء المستقطب .

وكان فاراداي يؤمن إيماناً عميقاً بوحدة الطبيعة ووحدة قوانين الفيزياء ، كما كان يؤمن بوجود علاقة بين القوى الكهربية المغناطيسية وبين الجاذبية ، وأنه لا بد من وجود قانون يحكم هذه العلاقة . فقد كتب عام ١٨٤٩ فى كراسة العمل : « الجاذبية ، لا شك أن التجارب ستصل بنا الى ايجاد علاقة بين هذه القوة وبين الكهرباء والمغناطيسية وغيرها من القوى ، بحيث يمكن الربط بينها فى عمل متبادل وتأثير متكافئ » . فكر لحظة كيف يمكن معالجة هذا الأمر عن طريق الحقائق والتجارب » . ولكن جميع التجارب التى أجراها للوصول الى مثل هذه العلاقة باءت بالفشل . ولذلك كتب فى ملاحظة حزينة ولكنها مليئة بالتفاؤل : « وهنا تنتهى محاولاتى فى الوقت الحاضر ، فالنتائج سلبية ، ولكنها

لا تزعزع احساسى بوجود علاقة بين الجاذبية والكهرباء ،
ولو انها لا تعطى أى دليل على وجود مثل هذه العلاقة » .

وكان مازال يعمل لحل هذه المسألة بعد ذلك بعشر
سنوات عندما كتب بحثه الأخير . كانت صحته قد اعتلت فى
ذلك الوقت ، ولكنه لم يترك التجارب والبحث . وكان يعاني
من فقدان الذاكرة لمدة طويلة ، وقد يعيد تجربة يكون هو
نفسه قد أجراها بنجاح قبل ذلك بوقت قصير . وكان ذلك
العالم الفقير المنيب : « غير المتعلم » ، قد أصبح أستاذا مدى
الحياة فى المعهد الملكى ويقطن فى هامبتون كورت . وفى
عام ١٨٦٧ كتبت بنت أخيه الآنسة ريد الى صديق فاراداي
العزیز بنس جونز تقول : « ان عمى العزیز يبدو أحسن مما
كان فى بعض الأوقات . ولكننى للأسف أتألم عندما أرى
عقله يتلاشى بعيدا . ان صحة عمى سيئة ومتدهورة هذا
العام ، وهو فى حالة شلل نصفى » . وفى ٢٥ من أغسطس
عام ١٩٦٧ مات ميخائيل فاراداي بسلام فى كرسى مكتبته ،
وهو لا يدرك الخلاف الذى سيدور من بعده حول المشكلة
المهمة : هل سيسود المجال أم الجسيم ؟

جوزيف هنرى

فى ربيع عام ١٨٣٧ ، كانت مجموعة صغيرة من الرجال فى أحد المعامل الأنجليزية تحاول اجراء احدى التجارب . كانوا قد أقاموا دائرة كهربية لكى تحمل تيارا ضعيفا جدا ، وكانوا يحاولون الحصول على شرارة كهربية بقفل الدائرة وفتحها . وكان شارلس هويتستون يلامس طرفى السلك الذى يتم الدائرة . ولم يتمكن من الحصول على الشرارة . وقال ميخائيل فاراداي ان هويتستون يتبع طريقة مخطئة ، وأضاف فاراداي بعض التعميدات الى الدائرة وحاول أن يحصل على الشرارة ولكنه لم يفلح .

وكان هناك زائر أمريكى ينتظر بصبر على حين يتناقش عالما الكهرباء الشهيران حول أسباب الفشل . وفى حين كان الأمريكى يستمع الى هذا الجدل أمسك بقطعة من السلك ولفها حول اصبعه مثل البريمة . وبعد بضع دقائق أشار الى أنه عندما ينتهى السيدان ويكونان على استعداد فانه يسره أن يوضح لهما طريقة الحصول على شرارة . وأجاب عليه فاراداي بواحدة من اجاباته الجافة المعتادة ، ولكن الأمريكى استمر فى عمله . فأضاف ملفه الصغير الى أحد أطراف السلك ، وفى هذه المرة عندما فتح الدائرة

انطلقت شرارة وأمكن رؤيتها بوضوح • فصفق فاراداي فرحا وقال : « مرحى للتجربة الأمريكية ! ماذا فعلت بحق السماء ؟ » ولو كان لجوزيف هنرى طبيعة فاراداي لأجابه قائلا : « لو كنت تقرأ ما أنشر ، وتفهم ما تقرأ لعرفت ما رأيته لتوك ! » • ولكن أستاذ برنستون شرح بأناة هذه الظاهرة عن الحث الذاتى للرجل الذى منحه العالم شرف الكشف عن الحث •

ومر قرن وربع من الزمان ، وتجمعت أكداً من المعرفة بين تجارب بنيامين فرانكلين الكهربائية ونظرية الكهربائية المغناطيسية لجيمس كلارك ماكسويل • والتكثير من هذه المعرفة جمعه رجل واحد هو جوزيف هنرى ، خلال خمسة عشر عاماً من ١٨٢٩ الى ١٨٤٤ • ومع ذلك فقد كان هنرى غريباً فى عصره • وظن أصدقاؤه أن مثاليته العلمية تنطوى على نقص فى الروح الأمريكية ، وتجاهله العلم العالمى لأنه كان أمريكياً • ولم يدرك أحد أنه كان عملاقاً الا بعد وفاته ، وبعد أن مضى معاصرو شبابه ، وأدرك الشباب أيضاً أن الشهرة الكبيرة التى اكتسبها خلال النصف الأخير من حياته انما كانت نتيجة لأقل كشوفه أهمية • وفى النهاية منحه العلم أعظم تقدير بأن رفعه الى مصاف العظماء ، وذلك بأن أضاف الى الوحدات الكهربائية وهى الأمبير والفولت والأوم والفاراد اسماً آخر هو الهنرى ، وهى وحدة الحث •

★★★

فى خلال الخمسة والعشرين عاماً قبل ظهور هنرى أوضح ساندرو فولتا كيفية انتاج تيار كهربى ثابت ،

ووجد أوم القانون الذى يحكم قوة التيار واكتشف كل من هانز أورستد ودومينيك أراجو أن التيار الكهربى يخلق المغناطيسية • والآن وفى العقد الثالث من القرن التاسع عشر كان بعض الباحثين من ذوى العقول النيرة يتساءلون : اذا كانت الكهرباء تخلق المغناطيسية ، فهل تخلق المغناطيسية بالتالى الكهرباء ؟ واذا بجوزيف هنرى ، وهو مدرس الرياضيات بمدرسة ريفية باحدى مدن المقاطعات فى أمة غير متقدمة ، لا يجيب فقط عن هذا السؤال ، ولكنه يذهب الى أبعد مما ذهب اليه أسلافه فى عمق أبحاثه •

ولم يكن فى ماضى هنرى ما يوحى بمدى قدرته ولا باتجاه ميوله • لقد ولد عام ١٧٩٧ بالقرب من ألبانى بمقاطعة نيويورك ، ونشأ فقيراً ، واشتغل فلاحاً وصبياً فى أحد المخازن ، وكان صبياً حالمًا لا يكاد يلم بالقراءة • وعندما وصل الى سن الثامنة عشرة انحصر اهتمامه فى تربية أحد الأرانب • وفى أحد الأيام انطلق الأرنب ومن خلفه هنرى الى أن وصلا الى احدى الكنائس • واذا به داخل احدى الغرف المقفلة وقد احتوت مكتبة مليئة بالقصص فنى الأرنب وقرأ الكتب •

وقد استغرقته الدراما الى درجة أنه عندما أرسل الى ألبانى فى العام التالى ليكسب عيشه ، وكان عندئذ فى الرابعة عشرة من عمره ، ذهب الى مسرح جرين ستريت ، حيث كان يدير جون برنار فرقة الشهيرة • وبقي جوزيف هنرى مدة عامين يعمل ممثلًا تحت التمرين فى تلك الفرقة •

وفى سن السادسة عشرة توصل الى اكتشافه العظيم الثانى ، فقد تناول بالصدفة كتابا لزميل له فى السكن - وظل الى سن متأخرة يذكر أول فقرة فى ذلك الكتاب. وقد جاء فيها : « اذا ألقيت حجرا أو قذفت سهما فى الهواء ، فلماذا لا يسير فى خط مستقيم فى الاتجاه الذى ألقيته اليه ؟ وعلى العكس ، لماذا يتصاعد اللهب والدخان دائما الى أعلى دون أية قوة دافعة فى ذلك الاتجاه ؟ » وفى هذا السؤال كشف جوزيف هنرى عالم العلوم .

ولم يكن هنرى أبدا من الذين يتخذون قرارات فى الأمور الصغيرة ، فقد ذهب مرة لتفصيل حذاء وظل أياما لا يستقر على رأى فيما اذا كان يريد مقدمة الحذاء مستديرة أو مربعة . وأخيرا ، وقد ضاق به الاسكافى ، صنع له فردة بمقدمة مستديرة وفردة الحذاء الأخرى بمقدمة مربعة . ومع ذلك ، فقد كان هنرى يتخذ القرارات المهمة فى الحال ، فقد ذهب للعمل على المسرح دون أية خبرة أو تمرين ، ثم اذا به ، ودون أية أسباب وجيهة ، يغير رأيه فجأة ويقرر أن يصبح عالما وفيلسوبا طبيعيا .

ذهب هنرى الى الأكاديمية فى ألبانى وتقدم اليها ليلتحق بها طالبا . كان التلاميذ الآخرون من زملائه يصغرونه ببضع سنوات ، كما كانوا من أبناء الأسر المقتدرة ، ولكن هنرى عاش حياة خاصة كان كل شيء فيها ممكنا . ومن حسن الحظ أنه كان لديه من المواهب ما يجعله يكيف العالم الخارجى بحيث يلائم أحلامه الخاصة .

وبعد دراسة لمدة سبعة شهور فى الفصول الليلية والدروس الخاصة ، اكتسب قدرا من التعليم كان كافيا لكي يحصل به على عمل كمدرس فى إحدى المدارس الريفية . وبذلك تمكن أيضا من اتمام دراسته . وكان التدريس وحضور الدروس فى الأكاديمية يستغرقان منه ٦-١ ساعة يوميا ، ولكن هنرى كان سعيدا بحياته هذه . وأخيرا ترك التدريس وتحدث مع أستاذه فى الكيمياء لكي يأخذه مساعدا له لتجهيز وتحضير تجاربه التى يجريها فى أثناء المحاضرات العامة . وكانت خبرة هنرى المسرحية قد علمته أن كل عمل يودى أمام الجمهور يجب أن يكون فى غاية الكمال ، وأن يكون مقنعا ومؤثرا بأكبر قدر ممكن . وقد أثرت هذه الخبرة فى السرعة والبساطة التى تميزت بها تجاربه الخاصة .

وعندما أنهى هنرى دراسته فى الأكاديمية عين مصاحبا ومهندسا على قناة ايرى . وقد بدا عندئذ كما لو كانت أيام فقره قد انتهت وقد تفتحت أبواب الثراء أمامه . وكان فى مقدور رجل له مثل مؤهلاته أن يجمع ثروة كبيرة فى أن مكان يعمل به من الموانئ الشرقية الى تلال ويسكونسن البعيدة . ومع ذلك ، فما ان عرضت عليه أستاذية الرياضيات والفلسفة الطبيعية فى ألبانى بعد بضعة شهور ، حتى شعر أن بلاده تحتاج الى الأساتذة المتفوقين أكثر من حاجتها الى المهندسين ، فقبل منصب الأستاذية .

وعاد جوزيف هنرى الى ألبانى عام ١٨٢٦ . وكان فى ذلك الوقت شابا ذا مظهر أخاذ : له شعر أشقر متموج ،

وعينان نافذتان زرقاوان ومظهر الممثل . وخلف هذا المظهر كانت تكمن المواهب الأساسية للبخاثة ، والقدرة على تحليل وتبسيط الآراء والأفكار الكبيرة .

كان الجدول المعد له للتدريس كبيرا ، فكان الوقت الوحيد الذى يختطفه لاجراء بحوثه فى أثناء عطلة الصيف . وذلك عندما يسمح له بتحويل أحد فصول الدراسه الى معمل ، وفى نهاية شهر أغسطس يعيد اجهزته الى المخزن وتعود المقاعد الى أماكنها فى الفصل .

كان أول ما قام به هو بناء مغناطيس كهربي على طريقة ويليام سترجيون الانجليزى . وكان مغناطيس سترجيون عبارة عن قضيب من الحديد مغطى بطبقة من السلك المصفى ، وحول هذا القضيب يلف سلك عار بحيث لا يتلامس . ثم ثنى سترجيون القضيب وجعله على هيئة حدوة الحصان ، وكان من الممكن أن تنجذب قطعة من الحديد تزن سبعة أرطال الى المغناطيس طائفة فى الهواء عند مرور التيار الكهربى فى السلك ، ثم تسقط مرة أخرى الى الأرض عند توقف التيار . وفى احدى عطلات الصيف شيد هنرى فى فصله مغناطيسا يمكنه رفع طن من الحديد . وبدلا من أن يعزل الحديد ، عزل هنرى السلك بعناية ، مما سمح له أن يلف السلك متقاربا . من بعضه وبذلك حصل على أكبر عدد من لفات السلك حول القضيب الحديدى . وقد شرح هنرى جهازه هذا فى « مجلة العلوم الأمريكية » التى كان يصدرها بنيامين سيليمان من ييل .



وقد قادت هذه التجارب عن الكهربية المغناطيسية هنرى الى مسألة توليد الكهرباء من المغناطيسية . وكانت ظاهرة تولد مجال مغناطيسى ثابت من تيار كهربي مستمر قد أدت بمن سبقه من العلماء والباحثين الى الاعتقاد بأنه من الممكن أن يولد المجال المغناطيسى الثابت تيارا كهربيا مستمرا . وكان الاختبار المعتاد هو لف طول معين من السلك حول قطعة حديد ممغنطة ، ثم حك طرفى السلك معا وانتظار حدوث شرارة كهربية . فكان العمل الكبير انذى حققه هنرى هو قدرته على أن يتنبأ بأن حل هذه المسألة لا يأتى عن طريق مجال مغناطيسى ثابت ، ولكن فى مجال مغناطيسى متغير .

وفى التجربة التى أجراها هنرى استخدم مغناطيسه الكهربي الذى على شكل حدوة الحصان وقطعة من الحديد الزهر ، سماها ذراعا ، تصل قطبى المغناطيس ، ولف حول الذراع سلكا نحاسيا معزولا طوله حوالى ٣٠ قدما ويتصل طرفاه بجلفانومتر على بعد حوالى ٤٠ قدما وبذلك كان لديه ملفان مستقلان تماما ، أحدهما ملف المغناطيس وهو متصل بالبطارية والملف الآخر متصل بالجلفانومتر . واستعد لاجراء التجربة . وكتب أخيرا يصف التجربة فقال : «وقفت بجوار الجلفانومتر . وطلبت من مساعدى أن يوصل البطارية المتصلة بالمغناطيس » وعندئذ حدثت المعجزة . « انحراف الطرف الشمالى لايرة المغناطيس ٣٠ درجة ، دالا على مرور تيار فى السلك الملفوف حول الذراع » .



ولابد أن يكون هنري قد أصيب بخيبة أمل بعد ذلك بلحظة واحدة . وذلك أنه على الرغم من استمرار مرور التيار في ملف المغناطيس ، فقد عادت ابرة الجلفانومتر الى وضع الصفر . ثم أشار الى مساعدته لقطع التيار ، ولدهشته تحركت الابرة في لحظة قطع الدائرة مرة أخرى ولكن في الاتجاه المضاد لانحرافها الأول .

وفي الحال أدرك هنري السبب في هذا التصرف غير المتوقع . انه في أثناء تغير المغناطيسية في الذراع من الصفر الى كامل قوتها عند قفل الدائرة ، وكذلك من كامل قوتها الى الصفر مرة أخرى عند فتح الدائرة ، عند ذلك فقط يحدث شيء ما في الملف الثانوي . ولخص هذا التأثير كما فهمه على النحو التالي : « ان تياراً مؤقتاً في هذا الاتجاه او ذاك يصاحب أى تغير في شدة مغناطيسية الحديد » .

وبذلك كان هنري قد أثبت أن تيار حث يحدث في أى سلك في مجال متغير . وبعد ذلك بقليل كشف أن « أى سلك » ، قد يعنى كذلك نفس السلك الذى خلق المجال في أول الأمر . وفي عام ١٨٢٩ كان قد لاحظ الحث المغناطيسى للتيار على نفسه - وهو ما يسمى اليوم الحث الذاتى . وكان استخدامه لهذه الظاهرة فيما بعد في أثناء التجربة أمام فاراداي وهويتستون هو الذى أذهل العالمين .

والآن ، فإن هذا العمل العظيم ، وكثير غيره ، قد تم في خلال الصيف في أعوام متتالية قبل عام ١٨٣١ ؛ غير أن أول ما كتب أو عرف عن هذا العمل لم يكتب ، مع الأسف

انشدريد ، الا فى عام ١٨٣٢ . كان هنرى يعلم أنه يشتغل فى أصعب مشكلة تواجه العلماء فى ذلك الوقت ، وكان يعلم أنه قد حل المشكلة قبل أى شخص آخر ، ولكنه لم يكن لديه أى اتصال شخصى بالعلم كمهنة ، وكان العلماء الأوربيون والذين كان يعرف أسماءهم يبدون له كما لو كانوا فى أبراج عالية . ولذلك فقد تردد فى نشر أية نتائج لبحوثه الا بعد تجميع كمية كبيرة من البيانات . وكان تواضعه فى الواقع نتيجة لكبريائه غير الواعية بعبقريته التى كان يرجو أن تقبل على علاقتها . وكان بالإضافة الى ذلك مشغولا جدا ولا يجد الوقت الكافى لكتابة نتائج أبحاثه واعدادها للنشر .

وقد ظل الى آخر أيام حياته أسفا لأنه لم ينشر نتائجه ، وكان يقول : « كان يجب أن أنشر مبكرا » . « كان يجب أن أنشر ، ولكن لم يكن لدى متسع من الوقت ! كان من الصعب القيام بكل ذلك العمل ! كنت أريد أن أنشر نتائجى فى شكل مقبول ، وكيف كان لى أن أعلم أن شخصا آخر فى الجانب الآخر من الأطلنطى كان يقوم بنفس البحوث ؟ » .

وجاءت الصدمة فى مايو عام ١٨٣٢ . كان مازال على ثقة بأنه يسبق العالم بعدة سنوات وبعمل عظيم ، عندما التقط صدفة مجلة علمية بريطانية وقرأ فيها فقرتين وإذا بالمجلة تسقط من يديه : لم يفد متقدما على أحد بسنوات . كان فاراداي قد نشر كشفه المستقل عن الحث الكهربي المغناطيسى .

كان بحث فاراداي الذي نشره عام ١٨٣٢ مبنيا على النتائج التي حققها في الخريف السابق . ومع أن هنري كان متقدما على فاراداي بعدة سنوات ، إلا أنه شعر في ذلك الوقت أن النشر قد أصبح غير ذي موضوع ، وغلبه اليأس . غير أن سيليمان كان قد سمع ببحوث هنري فاستمر في الالاحاح عليه لكي يرسل وصفا لها للمجلة العلمية الأمريكية . وأخيرا بدأ هنري في اعداد وكتابة سلسلة بحوث كان لها الفضل في احتفاظه بمكانته العلمية التاريخية، ولو أن ذلك تم بعد وفاته .

ولم يكن قد أتيح للعلم الأمريكي أن يحقق نصرا عالميا منذ قام بنيامين فرانكلين ببحوثه العلمية . وكانت الجمهورية الناشئة في غاية الحساسية بالنسبة للسلوك الأوروبي تجاهها . وأن أمريكا ليس لديها من الثقافة ما تمنحه للعالم . ولذلك ، وبدلا من الشعور بالعطف على هنري في موقفه هذا ، فان كثيرا من أصدقائه وجهوا اليه اللوم لتخلفه في نشر نتائج بحوثه في الوقت المناسب ، ونعتوه بأنه لا يشعر بالمسؤولية وأنه غير وطني . ولكن كان هناك قليلون فهموا الموقف على حقيقته ، وبدلا من توبيخه ، أتاحوا له فرصا أكبر لاجراء بحوثه ، وذلك بتعيينه عضوا في هيئة تدريس جامعة برنستون .

★★★

وعندما كان هنري مايزال في ألباني كشف مجده التيار الكهربى . وقد استخيمه لخلق أول تليفراف كهربى مغناطيسى سابقا صامويل مورس بخمس سنوات على الأقل . وكان

جهاز الاشارة عند هنرى عبارة عن جرس • ولم ينشر قط تفاصيل المجدد كبحت مستقل ، ولكنه كان يحاضر عن أهميته التطبيقية ، وكان بالنسبة له مجرد تعديل وتحوير وتطبيق للنظريات الأكثر عمقا التى كان قد أعلنها • وصف هذا الجهاز لمورس وهويتستون ، وهو مخترع التلغراف الانجليزى ، وقد استخدم الرجلان هذا الجهاز بحرية •

وكان مجدد التيار الذى اخترعه هنرى عبارة عن مغناطيس على شكل حدوة الحصان، ويلتف حوله سلك الارسال التلغرافى الطويل • ويتصل بقطبى المغناطيس ذراع حديدى متحرك يجذب نحو المغناطيس كلما وصلت اشارة كهربية • وكلما تحرك الذراع الى أسفل وإلى أعلى تفتح وتغلق دائرة أخرى بها بطاريتها الخاصة • ويوجد فى الدائرة الثانية اما جهاز للطبع واما ملف حدوة حصان تابع لمجدد آخر ، بحيث يقوى الاشارة لاعادة ارسالها مرة أخرى • وقدبقى هذا المجدد دون تغيير يذكر الا فى بعض التفاصيل الميكانيكية •

وشيد هنرى فى برنستون جهازا تلغرافيا كبيرا وأرسل اشارات عبر سلك طوله ميل ، وذكر أن المجددات المتتالية تسمح له بامتداد الدائرة الى مسافات لانهاية • واستمر فى بحوثه عن الحث وحقق نجاحا كبيرا فى فهم تفاصيل هذه الظاهرة • وفى احدى الصفحات وصف ما يعتبر فى الواقع الأساس النظرى للمحول الكهربى : « يتكون الجهاز الذى استخدم فى التجربة من عدد من الملفات المسطحة المكونة من أسرطة نحاسية • • وقد رتب الملف رقم ١ بحيث يستقبل

التيار من بطارية صغيرة . روصع الملف رقم ٢ فوق هذا الملف وبينهما قطعة زجاج تضمن العزل التام ، فكلما تقطعت الدائرة الأولى ، ينتج تيار حث قوى فى الدائرة رقم ٢ . ومع ذلك فالصدمة فى هذا الملف كانت ضعيفة وكنت تقريبا أحسها فى أصابعى » . وبمعنى آخر فان التيار قد ازداد ولكن الفولت انخفض . « فاذا أبقينا الملف رقم ١ كما هو ، وأبدلنا بالملف رقم ٢ آخر اطول منه ، بهذا تكون القوة المغناطيسية أقل بكثير ، ولكن الصدمات أكثر قوة » . وبذلك كان قد أضعف التيار ولكنه زاد الفولت .

★★★

ولم يكن معاصرو هنرى يفقهون الا النزر اليسير عن الكهرباء والدوائر الكهربائية ؛ مما جعلهم لا يقدرّون بحوثه الا ما أمكنهم فهمه منها . وكان هنرى فى نظر الذين قرأوا المجلة الأمريكية للعلوم - وكان توزيعها ضئيلا - قد أضاف مجرد تعديل بسيط الى المغناطيس الكهربى . ولم يدركوا تعمقه الجوهرى فى المحول ، ولذلك فقد أهملوه لعدة سنوات . وكان الذين يهتمون بقراءة المجلة الأمريكية من الأوروبيين قليلين جدا . واعدت نشر بحوث هنرى الأصلية فى انجلترا بعد عشر سنوات ، ولكن ذلك لم يضيف عليها سوى تقدير سطحي .

نادرا ما استخدم هنرى اثرياضيات فى تحليله للمظواهر الفيزيائية . وفى عهده لم يكن قانون أوم - الذى يدرس الآن فى المدارس الثانوية - قد وضع فى شكله الكمى ، وكانت تحليلات هنرى قوية ولكنها كانت نوعية أكثر منها كمية .

كانت الجهود تقاس بطرق نسبية وذلك بشدة الصدمة التى يحسها القائم بالتجربة ، وكانت شدة التيار تقاس بوسائل كيميائية ، فإذا كانت ضعيفة جدا ، تقاس باحساس الحموضة الذى تحدثه فى فم القائم بالتجربة . وكان هنرى يقيس الجهود الضعيفة بصدمتها فى لسانه . ومع أنه كان بذلك يحصل على كميات نسبية الا أنه توصل الى الشكل الاسى الصحيح لنمو التيار واختفائه فى دائرة حث .

وحقق هنرى آخر أعماله العظيمة فى دراساته للكهرباء عام ١٨٤٢ ، فقد تمكن فى ذلك العام من ارسال موجات لاسلكية . وكان ذلك فى وقت يسبق تجارب هنريش هيرتز الشهيرة بنصف قرن . لاحظ هنرى أن تأثير الشرارة يمكن ان يلاحظ بوساطة دائرة موازية على بعد ٣٠ قدما . وكانت الملفات التى تنتج الشرارات تعمل فى الطابق الثانى من المبنى الذى به معمله ، وكانت الابر المغناطيسية فى البندول ، وتم التأثير خلال ٣٠ قدما من الهواء وطبقتين من السقف سمكهما ١.٤ بوصة . وتدل الفقرة التالية من بحثه على أنه كان يدرك أن هذه الظاهرة عبارة عن موجات وأنها شبيهة بظاهرة انتقال الضوء .

« ويظهر أن انتقال شرارة واحدة يكفى لاحداث اضطراب محسوس فى كهرباء الفضاء خلال مكعب لا تقل سعته عن ٢٠٠ ر ٤٠٠ قدم ؛ وعندما نعتبر أن الشرارة (تتذبذب) فانه يمكننا أن نستنتج أن انتشار الحركة فى هذه الحالة يمكن مقارنته فى الغالب بانتقال حركة الشرارة التى تحدث من الحجر والصلب فى حالة الضوء » .

وفى عام ١٨٤٦ انتهت أعمال هنرى فى البحوث العلمية ، فقد كانت حكومة الولايات المتحدة تبحث عن مدير لمعهد سميثسونيان الذى انشئ حديثا ، وعين هنرى فى ذلك المنصب . وكان معنى قبوله أن كل وقته سوف ينصرف الى الأعمال الادارية . ولكن هنرى شعر أن ذلك المنصب سوف يتيح له الفرصة لجمع شمل العلم الأمريكى . وكان قبل ذلك بعشرين عاما قد أحس بواجب القيام ببحوث علمية فترك مهنة الهندسة ، والآن يشعر مرة أخرى أن من واجبه أن يهجر البحث لكى يعمل كأول مدير علمى قومى .

★★★

وعندما كان هنرى فى الخمسين من عمره كان يعتبر أحد قادة العلم فى أمريكا . ولكن معاصريه كانوا يعتبرونه مديرا علميا : مدير معهد سميثسونيان والمستشار العلمى لأبراهام لنكولن خلال الحرب الأهلية ، والرجل الذى ذهب اليه العلماء الشبان من أمثال مورس وألكسندر جراهام بيل للحصول على تشجيعه وتأييده . ولم يكونوا يعرفونه كالعالم البحاث الذى أمضى خمسة عشر عاما فى البحوث الكهربائية المغناطيسية سبق بها عصره وتقدم عليه .

وكان هنرى فى عمله مديرا لمعهد سميثسونيان يتناول كثيرا من المجالات . اذ وضع مشروعا لاعطاء معلومات عن حالة الجو ، وهو المشروع الذى تطور فيما بعد وأصبح المكتب الجوى للولايات المتحدة (مصلحة الأرصاد الجوية) ، واستحث جيمس ليك لتأسيس مرصده الشبهين فى كاليفورنيا . واشترك فى عدة لجان حكومية استشارية ، ومنها اللجنة التى

اختبرت فى عام ١٨٥٠ تصميمات صنع مركب حربي جديدى
لبحرية الولايات المتحدة . وكان هنرى أول من أوصى بقبول
التصميم ، ولكن نصيحته أهملت ، وعندما قامت الحرب
للأهلية عادت الحكومة فوافقت على التصميم وبذلك شيدت
« المريماك » .

وكانت بيانات الأرصاد الجوية تجمع فى معهد
بميتسونيان بالتلغراف من ٥٠٠ راصد فى جميع أنحاء
البلاد شرق نهر المسيسيبي ، وكلما وصل تقريرين تليفرافى
من منطقة محلية كان يثبت قطعة صغيرة مستديرة من الورق
المقوى فى مكانها على خريطة كبيرة للبلاد . وكانت الألوان
المختلفة تدل على المطر والثلج والجو الصحو والسحب .
وقد وجد هنرى أن العواصف تتحرك نحو الشرق بمعدل
٢٠ الى ٣٠ ميلا فى الساعة ، وبالتالي فقد شرح أهمية وفائدة
الخرائط الجوية للمزارعين ، ورجال السكك الحديدية
وشركات الملاحة .

وكان هنرى أول من درس درجة الحرارة النسبية للبقع
الشمسية ، ففي عام ١٨٤٨ عرض صورة للشمس على لوحة
واستخدم مشعا صغيرا جدا لقياس درجة الحرارة النسبية
لكل نقطة على صورة الشمس واكتشف أن صور البقع أبرد
من المناطق المحيطة بها .

★★★

وكان تطور المحرك فى العقد الأخير من حياة هنرى هو
ابتداء استخدام التيار المتغير . وعندئذ فقط بدأ الناس
فى العودة الى أبحاث هنرى وتقدير قيمتها . وقد أدت نظرية

رجال عاشوا للعمى

ماكسويل الكهربية المغناطيسية الى اعادة النظر فى تصريح
هنرى عن أن انتشار الكهرباء فى الفضاء يشبه انتقال
الضوء - وأعانت تجارب هيرتز الباحثين على أن يعيدوا
النظر وأن يدركوا أن هنرى كان يبعث بإشارات من
الذبذبات الشرارية ويستقبلها على دوائر بدائية ٠٠ وقد
نال هنرى كل تكريم بعد وفاته وبذلك كان على الانسانية
أن تمضى ٤٠ عاما لكى تدرك وتفهم وتقدر ما قام به من
أعمال وبحث ٠

جيمس كلارك ماكسويل

فتح جيمس كلارك ماكسويل ، أعظم عالم للفيزياء فى القرن التاسع عشر ، عهدا جديدا فى العلم ، ويرجع اليه الفضل فى كثير مما يميز عالم اليوم عن عالمه هو . ولما كانت أروع كشوفه ثمرة بحوث نظرية غير تطبيقية ، فانه غالبا ما ينظر اليه كمثال للعالم الذى يشيد نظمه بالقلم والورق . ولكن هذا الفهم غير صحيح ، فقد كان ماكسويل يجمع بين بصرية فيزيائية نافذة ومقدرة رياضية هائلة . وعلى حين كان ينفذ الى أعماق الظواهر الفيزيائية ، لم تكن تفوقه المشاهدات أو الملاحظات التى تستحق الشرح . وكان هذا الجمع والربط بين الواقع الملموس والأمور المجردة هو أكبر ما يميز معظم بحوثه .

ولد ماكسويل فى مدينة أدنبرة يوم ١٣ نوفمبر عام ١٨٣١ ، وهو العام الذى أعلن فيه فاراداي كشفه الشهير عن التأثير الكهربى المغناطيسى . ونشأ فى أسرة اسكتلندية قديمة اشتهر أفرادها بالفردية « التى قد تصل الى حد الشذوذ » ، كما اشتهروا أيضا بالمواهبة (فكان منهم قضاة محترمون ، وسياسيون ، وأصحاب مناجم ، وتجار ، وشعراء ،

وموسيقيون) وكان هو الابن الوحيد لمحام لم يهتم كثيرا بمزاولة مهنة المحاماة بل وجه اهتمامه نحو ادارة مزرعته الصغيرة ، واشترك فى ادارة شئون المقاطعة ، وركز اهتمامه وحبه على تربية ولده . كان والد ماكسويل رجلا بسيطا ولطيفا يميل الى المرح ولديه شغف بالمسائل الميكانيكية . وقيل عن امه انها كانت « ذات مزاج حاد » .

امضى جيمس ، كما كانوا يسمون الطفل ، فترة طفولته المبكرة فى مزرعة العائلة فى جلينلير ، وهى تبعد مسيرة يومين بالعربة عن مدينة أدنبرة . وكان قصير النظر ، مليئا بالحيوية ، محبوبا ودودا ، كثير التساؤل كوالده ومفرما بالآلات مثله كذلك ، وكان هدفه دائما أن يعرف « كيف تعمل » . وكثيرا ما كان يسأل : « كيف تعمل هذه الآلة ؟ » فإذا لم تشغله الاجابة ، كان يضيف : « ولكن كيف تعمل بالذات ؟ » . وكان أول اختراعاته مجموعة من الأرقام « لعجلة الحياة » ، وهى لعبة علمية يخيل للتناظر اليها أنها تتحرك باستمرار ، وكان مفرما بعمل الأشياء بيديه ، وبعد ذلك ، عندما كبر ، عرف كيف يصمم النماذج التى تحتوى على أكثر الحركات تعقيدا ، وغيرها من العمليات الفيزيائية .

ماتت أم ماكسويل بمرض السرطان عندما كان فى التاسعة من عمره ، وهو المرض الذى قضى عليه بعد ذلك بارتين عامين . وقد وحد موت الأم وقرب بين الأب والابن . بدأ الولد تعليمه بعد ذلك بعام واحد فى أكاديمية أدنبرة . وكانت تجاربه الأولى فى التعليم اليمية ، فقد كان مدرسه ، وهو رجل اسكتلندى جاف اكتسب سمعته التربوية من كتاب

وضعه عن الافعال الاغريقية الشاذة ، يطلب من تلاميذه ان يحافظوا على النظام ، وان يلموا بالمواد العنيدة ، ولا داعى للابتكار والاصالة . ولم تكن هذه الصفات متوافرة لدى ماكسويل . وخلقت ملابسه له مشكلة ، فقد وضع ابوه تصميم هذه الملابس وكان يصر على أن تكون ملابسه «صحية» وان يكون حذاؤه مربع المقدمة وان يلبس قميصا ذا شريط متعرج . ولذلك ، فقد سماه زملاؤه « رافتى » وكانوا يسخرون منه ، ولكنه كان ولدا عنيدا وأمكنه بمرضى الوقت أن يكتسب احترام زملائه مع أنه استمر يحيرهم بتصرفاته .

★★★

ولقد بدأ اهتمام ماكسويل وشغفه بالرياضيات فى الظهور تدريجيا أثناء الدراسة . وكتب الى أبيه يقول انه صنع « الجسم ذا السطوح الأربعة ومثلثه المجسم ذا الاثنى عشر سطحا واثنين آخرين من المجسمات التى لا يعرف أسماءها الصحيحة » . وعندما كان فى الرابعة عشرة من عمره حاز ميدالية الأكاديمية فى الرياضيات وكتب بحثا عن تصميم المنحنيات البيضوية الكاملة بوساطة الأبر والحيط . وكان صبي آخر عجيب ، هو ريتيه ديكارت ، قد سبقه فى هذا المجال ولكن أعمال ماكسويل كانت أصيلة . وكان يوما رائعا للأب والابن عندما استمعا الى بحث الابن عن البيضويات يقرؤه الأستاذ جيمس فوريس أمام الجمعية الملكية فى أدنبرة ، وقوبل البحث ، كما كتب الوالد فى مذكراته : « باهتمام كبير وموافقة عامة » .

وبعد أن أمضى ماكسويل ست سنوات فى الأكاديمية دخل جامعة أدنبرة . وكان عمره ١٦ عاما ، لا يستقر ،

غامض ، ذو موهبة خارقة ، يكتب شعرا غريبا عن مصير
المادة والطاقة . . .

عندما تتجمد الأرض والشمس

وتندثر كل طاقاتها

سوف تتلاشى المادة فى الأثير

ويسجل صديقه ومؤرخ حياته لويس كاميل انه كان
أنيقا « ولو أنه كان يعارض تماما خيلاء الملابس المنشأة
والقفازات » ، وأنه كان يصيبه « الرعب من تحطيم أى
شء - حتى مجرد ورقة تسويد » . كان يقرأ بنهم ويمضى
وقتا طويلا فى التأملات الرياضية وفى التجارب الكيميائية
والمغناطيسية والكهربية . « وعندما كان يجلس الى المائدة
كان يبدو بعيدا عما يجري ، منغمسا فى ملاحظة تأثير الضوء
المنكسر خلال الزجاج ، الذى يصنع مطيفا غير مرئى ، وما
الى ذلك من الأمور . وكثيرا ما كانت عمته الأنسة كائى
تصرخ فيه لتجذب انتباهه قائلة : « جيمس ، انك سارح فى
فرض رياضى » .

وكان ماكسويل ، فى أثناء وجوده فى أدنبرة يواظب
على حضور اجتماعات الجمعية الملكية ، ونشر فى مجلتها اثنتين
من بحوثه أحدهما « عن نظرية المنحنيات الدوارة » والآخر
« عن توازن الأجسام المرنّة » . ولم يكن يقرأ هذه البحوث
بل كان يتلوها غيره من الأعضاء فى الجمعية الملكية « لأنه لم
يكن من الملائم أن يصعد صبى فى ستره مستديرة الى المنصة
هناك » . وفى أثناء عطلاته التى كان يقضيها فى جلينلير ،

كان يكتب الى أصدقائه عن مختلف أعماله . وكان الكثير من رسائله يعبر عن شغفه الشديد بالفلسفة الأخلاقية ، مما يعكس تقاطفه الاجتماعي وغيرته المسيحية ، وذلك الخليط الذى لم يكن شيئا غير عادى فى القرن التاسع عشر ألا وهو التعمقل والايتمان البسيط . فقد كان الناس يعتقدون فى ذلك العصر أنه يمكنهم دراسة مسائل الحكمة والسعادة والخير كما يدرسون الضوء والميكانيكا .

وفى عام ١٨٥٠ التحق ماكسويل بجامعة كامبردج وتعلم على يدى ويليام هوبكنز الذى كان يعتبر أقدر مدرسى الرياضيات فى عصره ، فأعده لامتحان فى الرياضيات يتنافس فيه أنبغ الطلبة وأبرعهم . وكان هوبكنز قد أدرك منذ اللحظة الأولى مواهب الشاب الاسكتلندى ذى الشعر الأسود ، ووصفه بأنه « أعجب رجل قابلته » ، ثم أضاف « انه يبدو من المستحيل عليه أن يفكر تفكيرا غير سليم فى المسائل الفيزيائية » .

وكان ماكسويل يبدى من الاهتمام بالنشاط الاجتماعى والثقافى فى الجامعة قدر ما كان يعمل بجهد واجتهاد فى تحصيل العلم والدراسة . وقد انتخب عضوا بنادى الحواريين ، وهو يضم ١٢ عضوا ، وظل عدة سنين يضم نخبة ممتازة من أشهر شباب كامبردج . وقد وصفه أحد معاصريه بأنه « أكثر الزملاء بهجة وظرفا وواضع نظريات كثيرة عجيبة ، وناظم للكثير من القطع الشعرية » . ولم تكن أقل نظرياته غرابة هى تلك النظرية المتعلقة بأوقات النوم ، فقد كان ينام من الخامسة بعد الظهر الى التاسعة والنصف ،

ثم يقرأ بفزارة من العاشرة الى الثانية صباحا ، ثم يقوم ببعض التمرينات الرياضية وخاصة الجرى فى الممرات وعلى السلالم من الثانية الى الثانية والنصف صباحا ثم يعود الى النوم مرة اخرى من الثانية والنصف الى السابعة صباحا . ولم تعجب هذه التصرفات زملاؤه من سكان بيت الطلبة ، ولكن ماكسويل أصر على تجاربه الغريبة . وكان أحد مباحثه الأخرى هو دراسته للطريقة التى تنزل بها القطرة دائما على أقدامها ، اذ أوضح أن القطرة يمكنها أن تعيد نفسها الى الوضع الطبيعى تماما حتى ولو اسقطت فى وضع مقلوب على مائدة أو سرير من ارتفاع بوصتين .

وفى صيف عام ١٨٥٣ اصابه «نوع من الحمى المخية» . وظل ماكسويل مريضا عدة أسابيع ولازمته آثار هذا المرض فترة طويلة بعد ابلاله منه ، ولا شك أن تلك الفترة كانت من الأوقات العصيبة بالنسبة له ، ولكن أسبابها ظلت خافية غير معروفة . وكل ما يعرف عنها أنها أدت الى زيادة ايمان ماكسويل الدينى ، وهو ورع عميق مخلص ، يقرب من الكالفنية الاسكتلندية ولكنه لا يمكن أبدا تشبيهه بأى نظام أو طائفة خاصة . وكان من عادته أن يقول : « اننى لا أحتمل الهرطقة » .

وفى يناير عام ١٨٥٤ دخل ماكسويل امتحان المسابقة فى بيت السيئت بكامبريدج ، وقد لف يظانية حول رجلينه وقدميه ، حسب نصيحة والده ، لكي يخفف من حدة البرد القارس ، وكانت حرارته مرتفعة . ومع ذلك ، كان ترتيبه فى المسابقة الثانى ، وكان الأول هو الرياضى الشهير ادوارد

روث (وفى مسابقة أخرى يكامبريدج ، للحصول على
« جائزة سميث » حيث كانت مواد الاختبار أكثر تقدما ،
حصل ماكسويل وروث معا على المكانة الأولى) •

★★★

وبعد حصوله على شهادته ، بقى ماكسويل مدة عامين
فى ترينتى ، يدرس ويحاضر ، ويعطى دروسا خاصة
للتلاميذ ، ويجرى تجارب فى علم الضوء • وقد صمم نحلة
ذات أقراص ملونة لدراسة اختلاط الألوان ، وقد أمكنه أن
يثبت أن تركيبا مناسباً من ثلاثة ألوان أولية - وهى الأحمر
والأخضر والأزرق - ينتج عنه « لدرجة قريبة جداً من
التقريب » كل ألوان الطيف تقريبا • وحصل أخيراً على
ميدالية رامفورد من الجمعية الملكية نتيجة بحوثه هذه عن
الاحساس بالألوان •

ولعل أهم نشاط زاوله ماكسويل فى العامين اللذين
لحقاً تخرجه ، وهما العامان اللذان قضاهما فى ترينتى ،
كان قراءته لكتاب فاراداي عن « بحوث تجريبية » ، وكذلك
بدراساته فى الكهرباء ، وهى الدراسات التى أدت الى
أعظم كشوفه • وقبل مغادرته ترينتى نشر أول عمل كبير له
وهو بحث جميل « حول خطوط القوى لفاراداي » • وفى
عام ١٨٥٦ عين ماكسويل أستاذا لكرسى الفلسفة الطبيعية
بكلية ماريشال بمدينة أبردين ، وكان من ضمن الأسباب
التي حدت به الى التقدم لهذا المنصب رغبته فى أن يكون
بقرب والده الذى كانت صحته قد أخذت فى التدهور ، ولكن
أباه مات قبل تعيينه فى منصبه الجديد ببضعة أيام •

وكانت وفاة أبيه صدمة له وخسارة لا تعوض ، فقد كان دائما قرييبي من بعضهما البعض ، كما يجب ان يتقارب الاب وابنه . وفي أبردين استأنف ماكسويل بحوثه في الكهرباء . وكان حمله في التدريس خفيفا . ومع أنه كان يأخذ التدريس مأخذ الجد الا أنه لا يمكن القول ان ماكسويل كان مدرسا عظيما ، فقد كان يجد صعوبة مع الفصول التي لا تتميز بالذكاء . ولم يستطع أن ينفذ النصيحة التي كان قد قدمها لصديق له كان عليه أن يلقي موعظة في إحدى المقاطعات ، عندما قال له : « لا تثقل عليهم واجعلها خفيفة على قلوبهم » . واضطر ماكسويل الى قطع دراساته في الكهرباء التي كان يجريها في أبردين مدى عامين تفرغ فيهما للاعداد لمسابقة أجرتها جامعة كامبريدج للحصول على جائزة عن بحث حول حلقات الكوكب زحل هل هذه الحلقات صلبة ، ام هي مائية ؟ أو هل تتكون هذه الحلقات من كتل من المادة غير متماسكة ؟ وكان على الباحث أن يثبت أى نوع من هذه التركيبات للحلقات يمكنه أن يفسر تفسيراً سليماً حركة واستمرار هذه الحلقات . واستطاع ماكسويل ، في رسالة رائمة تقع في ٦٨ صفحة ، وصفها سير جورج آيرى ، عضو المرصد الملكي . بأنها أعظم ما رأى من تطبيق للرياضيات ، استطاع ماكسويل أن يبرهن على أن التركيب الوحيد الثابت لايد وأن يتكون من جسيمات غير متماسكة . ونالت رسالته الشهيرة ولكنها أيضاً أرسى مكانته كأحد قادة الفيزياء النظرية .

ولقد أثارت بحوثه عن زحل شغفه بنظرية حركة الغازات وكان الذين سبقوا ماكسويل في هذا المجال من

بمثال رودلف كلوزياس وذا نيل برنولي وجيمس جنول وغيرهم . قد نجحوا في تفسير كثير من خواص الغازات مثل الضغط والحرارة والكثافة ، وذلك بفرض ان الغاز يتكون من جسيمات سريعة الحركة . الا أنهم لتسهيل معالجة الموضوع رياضيا افترضوا أن كل جسيمات انغاز تتحرك بنفس السرعة . وقد وجد ماكسويل أن هذا الفرض لا يمكن قبوله ، وذلك لأن التصادم بين الجسيمات لابد أن يعطيها سرعات مختلفة . فاذا كان لعلم الغازات أن يتطور على « أسس ميكانيكية سليمة » فلا بد ، كما قال ، من أخذ هذا العامل في الاعتبار ، ولابد من ادخاله في المعادلات الرياضية التي تعالج قوانين حركة الجسيمات .

وأخذ ماكسويل في دراسة رياضية لمجموعة من الجسيمات المتصادمة باعتبارها « كريات صغيرة صلبة وتامة المرونة لا تأثير لاحداها على الأخرى الا في أثناء التصادم » . ولما لم يكن من الممكن تناول هذه الجزيئات الكثيرة منفردة كل على حدة ، فقد أدخل الطريقة الاحصائية في تناولها ، فافترض أن توزيع السرعات بين جزيئات الغاز انما يتبع المنحنى الشهير لتوزيع الذبذبات ، والذي يشبه الجرس في شكله ، والذي ينطبق أيضا على كثير من الظواهر مثل عدد الاصابات التي تصيب هدفا ما ، الى توزيع أطوال الرجال بين مجموعات مختلفة منهم . وهكذا ، فانه في الوقت الذي قد لا نستطيع فيه تحديد سرعة جزيء واحد منفرد نستطيع وصف سرعة مجموعة من الجزيئات . وعندما استطاع ماكسويل اعطاء وصف كمي لسرعات جزيئات الغاز ، أمكنه التوصل الى معادلة دقيقة لضغط الغاز . ومن العجيب أن

هذه المعادلة لم تختلف عن المعادلة الأخرى التى بنيت على أساس أن لجميع جزيئات الغاز سرعة واحدة ، ولكن أمكن فى النهاية التوصل الى النتيجة السليمة عن طريق التفكير الأسلم . كما أمكن ، بفضل تعميم ماكسويل وبراعته الرياضية ، استخدام وسائله فى جميع فروع الفيزياء تقريبا .

ثم أخذ ماكسويل فى دراسة عامل آخر كان لابد من تحديده نظرا لأهميته بالنسبة للصياغة الدقيقة لقوانين الغازات ألا وهو : المسافة التى يسيرها الجزيء ، فى المتوسط ، بين كل تصادمين ، أى متوسط مساره الحر . وفكر أن متوسط المسار الحر للجزيئات لأى غاز يمكن قياسه بواسطة لزوجة الغاز ، فإذا افترضنا أن الغاز يتكون من مجموعات من الجزيئات ذوات السرعات المختلفة والتى تنزلق كل مجموعة منها فوق الأخرى ، بحيث يتولد عن هذا احتكاك ، فانه سينجم عن هذا لزوجة الغاز . وعلى هذا يرتبط متوسط المسار الحر للجزيئات بلزوجة الغاز على النحو التالى : تصور طبقتين من الجزيئات تنزلقان الواحدة فوق الأخرى ، فإذا سار جزيء مارق من طبقة لأخرى مسافة قصيرة قبل اصطدامه بجزيء آخر ، فان الجسيمين لا يتبادلان الكثير من العزم ، وذلك لأن فرق السرعة بين الطبقتين ، قرب الحدود الفاصلة بينهما يكون ضئيلا . ولكن اذا احترق الجزيء مسافة طويلة فى الطبقة الأخرى قبل اصطدامه بجزيء آخر ، فان مفاضيل السرعة يكون أكبر ؛ وبذلك يكون تبادل العزم بين الجزيئين المتصادمين أكبر كذلك . وهذا الامتنعاج يعنى أن الغاز الذى له لزوجة عالية يجب أن يكون لجزيئاته متوسط مسار حر أطول . وبذلك استنتج

ماكسويل الحقيقة التي قد تبدو محيرة وهي أن لزوجة الغاز لا تعتمد على كثافته ، وذلك لأن زيادة احتمال التصادمات في غاز كثيف تنقصها حقيقة أنه في مثل هذا الغاز لا ينتقل الجزيء طويلا في طبقة أخرى قبل أن يصطدم بجزيء آخر . ولايجاد توازن ، اذن ، لابد أن يبقى العزم المنقول عبر وحدة المساحات في الثانية ثابتا بغض النظر عن الكثافة .

وبذلك وضع ماكسويل تصميميا ميكانيكيا للغاز باعتباره مجموعة من الجسيمات المزدحمة « تحمل معها كميات حركاتها وطاقاتها » ، تسير مسافات معينة ، تصطدم ، تغير حركتها ، تستأنف سيرها . وهكذا . وهكذا أمكن بواسطة هذه الصورة التي أعطاها ماكسويل للغاز التوصل الى تعريفات كمية دقيقة للخواص المختلفة للغازات ، ألا وهي : اللزوجة والانتشار وحرارة التوصيل . وكان هذا العمل انتصارا علميا من الدرجة الأولى . وقد وجه الكثير من النقد الى هذا النموذج على أساس أن جزيئات الغاز ليست صلبة ولا هي تامة المرونة ، مثل كرات البلياردو ، كما أن تأثيرها بعضها على البعض الآخر لا يقتصر على وقت التصادم . ومع كل هذا ، وبالرغم من كل هذه النقائص والأخطاء في هذا النموذج ، فإن النتائج التي وصفها سير جيمس جينز بأنها « لابد أن تكون مفعنة في الخطأ » قد أثبتت أنها صحيحة للغاية ، ومازال قانون ماكسويل عن سلوك الغازات مستعملا ليومنا هذا .

كان عالم الفيزياء الألماني لودفيج بولتزمان ، الذي أدرك مغزى وأهمية هذه الكشوف ، قد بدأ في تنقيح وتعميم

برهان ماكسويل ، وأوضح أن توزيع ماكسويل للسرعات إنما هو الاحتمال الوحيد الممكن لحالة التوازن في الغاز . وحالة التوازن هذه ، كما أدركها كلا الرجلين ، إنما هي الشرط الحركي الحراري لحالة الأنتروبي أو درجة اتعادل العظمى ، أى حالة الاضطراب الكبرى ، التى تصبح فيها كمية الطاقة الصالحة لاعطاء شغل مفيد أقل ما يمكن .

وأدى مفهوم درجة التعادل بماكسويل الى اكتشاف احدى صور العلم الحديث الشهيرة وهى صورة « الجنية الفارزة » - ان الأنتروبي المتزايد هو مضيع الانسان ؛ لأننا لسنا على قدر كاف من الذكاء - ولكن الجنية قد وهبت القدرة على فرز جسيمات الغاز البطيئة الحركة وفصلها عن الجسيمات السريعة ، وبذلك تحيل الفوضى الى نظام - كما تحول الطاقة غير النافعة أو التى ليست فى متناول اليد الى طاقة نافعة تحت التصرف - وقد تصور ماكسويل احدى هذه الجنيات الصغيرة الذكية « تتحكم فى باب يتحرك دون ما احتكاك ، ويفصل بين جزئين من اثناء ملء بالغاز - فاذا تحرك جزئ سريع الحركة من اليسار الى اليمين ، تفتح الجنية الباب ، ولكن عندما يقترب جزئ بطيء الحركة فانها تغلق الباب - وبذلك تتراكم الجزيئات السريعة الحركة فى الجزء الأيمن من الاناء ، والجزيئات البطيئة الحركة فى الجانب الأيسر - وبذلك ترتفع درجة حرارة الغاز فى الجزئ الأول على حين يبرد الغاز الذى فى النصف الثانى » - وبذلك تحبط الجنية القانون الثانى من قوانين الديناميكا الحرارية . ويقال ان الكائنات الخفية تستطيع أن تقوم بمثل هذه العملية اذ يقول ارونين شرودينجر ، انها تمتص الأنتروبي السلبي

من بيئتها على هيئة الغذاء الذى تأكله والهواء الذى تستنشقه .

وكان كل من ماكسويل وبولتزمان ، وهما يعملان منفصلين ولكن فى منافسة هادئة ، قد حققا تقدما ملموسا فى شرح وتفسير سلوك الغازات بواسطة الميكانيكا الاحصائية . ولكن قابلتهما بعد مضى بعض الوقت ، عقبات كؤود . فهما لم يتمكننا ، مثلا ، من وضع معادلات نظرية دقيقة للحرارة النوعية لبعض الغازات (الحرارة النوعية هى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جرام واحد من الغاز درجة واحدة مئوية) . والتفسير الصحيح لما قابلهما من عقبات لا يمكن أن تقدمه سوى نظرية الكمات التى ظهرت فيما بعد ، وهى النظرية التى أوضحت أن دوران الجزيئات حول نفسها وذبذبتها إنما تأخذ قيما محددة . ولكن لم يكن لنظرية الكمات ولا للنظرية النسبية ولا غيرها من سبل الفكر التى أدت الى ثورة فى علم الفيزياء فى القرن العشرين ، لم يكن لكل هذا أن يأخذ مكانه ويظهر لولا الجهود الرائعة لهذين العالمين فى تطبيق الوسائل الاحصائية فى دراسة الغازات .

فى فبراير عام ١٨٥٨ ، كتب ماكسويل لمعلمته الآنسة كاتى يقول : « أكتب اليك هذه الرسالة لأخبرك بأننى سوف أتخذنى زوجة » . ثم أضاف : « ولكن لا تخافى ، انها ليست متخصصة فى الرياضيات ؛ ولكنها تتصف بصفات أخرى ، ومن المؤكد أنها لن توقف جهودى فى الرياضيات » . كانت عروسه هى كاترين ماري ديوار ابنة عميد كلية ماريشال . وكان زواجهما موفقا وثيقا . فكأنما يتمتعان بالاشتراك فى كثير من الأعمال ، مثل ركوب الخيل والقراءة

والترحال ، كما وجد لها عملاً نافعا له في تجاربه العلمية .
ولم ينجبا أطفالا ولكن هذا زاد من تعاطفهما وحبهما
وتفانيهما .

- وفي صيف عام ١٨٦٠ انتقل ماكسويل الى لندن لكي
يعمل استاذاً للفلسفة الطبيعية في كلية الملك ، وبقي بها
مدة خمسة أعوام - وقد أتاح له سكنه في لندن فرصة
التعرف الى فاراداي ، الذي لم يكن يعرفه الا عن طريق
المراسلة ، كما أتاح له التعرف الى غيره من العلماء . ولم
يكن ماكسويل ممن يحبون العزلة ، فقد كتب الى صديقه
ليتشيلد يقول : « ان العمل والقراءة من الأشياء الطيبة
ولكن الأصدقاء أفضل منهما » . وبالرغم من مشاغل ماكسويل
الاجتماعية وعمله المزدحم في التدريس بالكلية ، فان
المسكوات الخمس التي قضتها في لندن كانت من أخصب
مضى حياته . وقد واصل فيها أبحاثه عن الغازات ، ففي
الغرفة الواسعة الواقعة في الطابق الأعلى بمنزله بحي
كنسنجتون عين لزوجة الغازات وحصل على البيانات العملية
التي أيدت نظرياته العلمية . (وكان يوقد ناراً حتى في
أشد أيام القيظ ؛ لكي يحافظ على درجة حرارة الغرفة ثابتة ،
كما كان يضع الغلايات فوق النار لكي يملأ بخارها الغرفة .
وكانت مسر ماكسويل تعمل وقادراً) . ولكن بحوثه الرئيسية
كانت في نظرية الكهرباء ، وهي البحوث التي كان قد تركها
رحلاً من الزمن ثم عاد إليها .

كانت تجارب فاراداي قد توجت بحوثاً استمرت قرناً
من الزمان (وهي بحوث قام بها كولوم وأورستد وأمبير

وغيرهم) وكانت هذه البحوث قد أثبتت كثيرا من الحقائق عن الكهرباء وعلاقتها بالمغناطيسية ، فقد أوضحت أن الشحنات الكهربائية تتجاذب وتتنافر حسب قانون الجاذبية (أى أن هذا الجذب أو التنافر يتناسب طرديا مع حاصل ضرب الشحنتين وعكسيا مع مربع المسافة بينهما) ؛ كما أوضحت أن التيار يولد مجالا مغناطيسيا ، وأن المغناطيس المتحرك يولد تيارا ؛ وأن تيارا كهربيا فى احدى الدوائر يولد تيارا فى دائرة كهربية أخرى .

وكان انتباه ماكسويل فى ذلك الوقت موجها الى محاولة تفسير هذه الظواهر . ما المجال ؟ وكيف تؤثر الكهرباء والمغناطيسية خلال الفضاء ؟ وكان فاراداي قد اقترح مفهوما جديدا للإجابة عن هذه الأسئلة ، وكانت أفكار فاراداي هذه هى التى أثارت شغف ماكسويل .

كان معظم علماء الفيزياء النظرية قد جاولوا المقارنة بين الكهرباء والجاذبية وسعوا لتفسير هذه الظواهر بوساطة نظرية « العمل من بعيد » . كانوا يتصورون أن أية شحنة (أو كتلة) عند نقطة ما فى الفضاء تؤثر بشكل غامض فى شحنة (أو كتلة) عند نقطة أخرى ، دون أية علاقة أو رابطة من أى نوع بين الشحنتين (أو الكتلتين) . ولكن فاراداي ، لكى يفسر الكهرباء ، افترض وجود نظام ميكانيكى ، وزعم أن التأثير الكهربى والمغناطيسى إنما يتم خلال خطوط للقوى تنتشر فى الفضاء ، وهى ليست مجرد خطوط للقوى وهمية ، ولكنها خطوط فيزيائية واقعية لها خواص الشد والتنافر والحركة وغيرها .

وقد لنخص ماكسويل الاختلاف بين وجهتي النظر بشكل رائع حين قال : « على حين كان فاراداي يرى بعين خياله خطوطا للقوى تعبر الفضاء كله ، كان الرياضيون يرون مراكز للقوى تؤثر من بعد ؛ وعلى حين كان فاراداي يرى وسطا لم يروا الا المسافة ، وعلى حين كان فاراداي يبحث عن أصل الظواهر فى عمل واقعى يحدث فى الوسط ، كانوا مقتنعين أنهم وجدوا أساس هذه الظواهر فى قوة العمل من بعد وتأثيرها على السائل الكهربى » .

كان ماكسويل مؤمنا بمفهوم فاراداي ، ولذلك فقد أخذ على عاتقه تطويره وتنميته . وفى أول بحث له « حول خطوط القوى لفاراداي » حاول تصور نموذج يحيط بخطوط فاراداي ، ويمكن التعبير عن سلوكه بالمعادلات والأرقام . وهو لم يدع أن النموذج يمثل واقع الأحوال ، ولكنه كان يشعر أنه من المهم « أن نلم بمفهوم فيزيائى واضح » دون أن نربطه بأية نظرية مبنية على العلوم الفيزيائية نستمد منها ذلك المفهوم ، ولعل هذه الوسيلة تجنب الباحث سبلا قد تؤدي به الى أشياء مجردة أو « تقودنا بعيدا عن الحقيقة نتيجة لوجود افتراض مستحب » .

وقد افترض ماكسويل أنموذجا هيدروديناميكيا أدخل فيه خطوط فاراداي للقوى على هيئة « أنابيب للتدفق » تحمل سائلا غير قابل للضغط مثل الماء . ويمثل السائل المتحرك فى الأنابيب الكهربى فى حركتها ؛ ويمبر شكل الأنابيب وقطرها عن قوة التدفق واتجاهه ، وتتكايفا مرعة السائل مع القوة الكهربائية ، ويمكن مقارنة اختلافات ضغط السائل

باختلاف الجهد الكهربى ، وعندما ينتقل الضغط من أنبوبة
لأخرى بواسطة سطوح الانابيب المرنة ، فان هذا يشبه التأثير
الكهربى . وبتطبيق المعادلات المعروفة للهيدروديناميكا على
مثل هذا الأنموذج ، استطاع ماكسويل تفسير كثير من الشواهد
المتعلقة بالكهرباء .

كان هذا بحثا رائعا ، عبر فاراداي عن تقديره له
عندما كتب لماكسويل قائلا : « لقد خفت اول الامر عندما
وجدتك تعالج الموضوع بهذه القوة الرياضية ، ولكن
تملكنى العجب عندما رايت نجاحك فى معالجة الموضوع »
ولكن الباحثين الآخرين لم يروا فى هذا البحث كل ذلك
النجاح . لقد كان يكتنف الكهرباء ما يكفيها من الغموض
ولم تكن فى حاجة الى اضافة أنابيب السوائل غير القابلة
للضغط . ولكن ماكسويل ، وقد اعتاد أن يوصف بأطواره
الغريبة لم يأبه بهذا واستمر فى تطوير آراء فاراداي
وأفكاره .

أما البحث الثانى العظيم لماكسويل فحدث فى حقل
خطوط القوى الفيزيائية . وقد نشره بعد عودته الى
دراية موضوع الكهرباء فى لندن . وفى هذا البحث وضع
تصميما لأنموذج آخر اكثر تكاملا ؛ لكى يفسر به تأثيرات
الكهرباء الاستاتيكية . وكذلك لتفسير التيارات المغناطيسية
والتأثير الكهربى المغناطيسى . وفى هذا الأنموذج الجديد
اعتبر أن « الزوابع الجزيئية » التى تدور فى الفضاء انما
هى العوامل التى تولد المجالات المغناطيسية . ويمكن تصور
الزوابع الجزيئية على أنها أسطوانة رفيعة تدور حول خطوط

القوى المغناطيسية • ويرتبط عاملان ميكانيكيان بهذه الأسطوانات وهما : الشد في اتجاه خطوط القوى، والضغط الجانبي الناشئ من القوة الطاردة المركزية الناتجة عن دوران الأسطوانات • وارتباط هذين العاملين ميكانيكيا يولد الظواهر المغناطيسية • ان المغناطيسية عبارة عن قوة تؤثر في اتجاه المحور كما تؤثر من المحور الى الخارج •

واصل ماكسويل جهوده لكي يوضح كيف أن هذا النموذج العجيب قد يفسر تولد المجال المغناطيسي بوساطة تيار كهربى، وكذلك تولد تيار كهربى بوساطة مجال متغير، فافترض أولا أن المجال المغناطيسى الموحد يتكون من جزء من الفيض الملىء بالأسطوانات تدور بنفس السرعة وفى نفس الاتجاه « حول محاور تكاد تكون متوازية » • ولكنه سرعان ما أدرك أن تقارب الأسطوانات لا يجعلها تدور بنفس السرعة وفى نفس الاتجاه « حول محاور تكاد تكون متوازية » • ولكنه سرعان ما أدرك أن تقارب الأسطوانات لا يجعلها تدور فى نفس الاتجاه فكلنا يعلم بأن دوران اسطوانة أو عجلة فى اتجاه ما يؤدى الى دوران العجلة المجاورة لها فى الاتجاه المضاد • وهنا خطرت لماكسويل فكرة رائعة • اذن ، لا بد من وجود كرات صغيرة ، يمثل طبقات رمان البلى، بين الأسطوانات (لطلق لماكسويل على هذه الكرات اسم « العجلات الحاملة ») ، وبذلك أمكن أن تدور الأسطوانات فى نفس الاتجاه •

وهنا ، كوفىء ماكسويل على نبوءة اذ أدرك أن هذه الكرات يمكن أن تلعب دورا آخر ذا قيمة أكبر • لماذا لا تمثل هذه الكرات الجسيمات الكهربائية ؟ وبذلك يمكن.

تصور وفهم كثير من الظواهر الكهربائية بدراسة الحركة الميكانيكية لهذه الكرات .

ولنضرب الامثلة التالية : عندما تدور الاسطوانات في مجال مغناطيسي غير متغير ، فان معدل دورانها يظل ثابتا ، وتحافظ الكرات الصغيرة الدائرة على اوضاعها ، ولا تتدفق الجسيمات ولا يتولد تيار كهربى . ولكن اذا حدث تغيير في القوة المغناطيسية ، فان هذا يعنى حدوث تغيير في سرعة دوران الاسطوانات . وكلما زادت سرعة كل اسطوانة ، فان هذه الزيادة في السرعة تنتقل الى الاسطوانة المجاورة وهكذا . ولكن لما كانت سرعة دوران كل اسطوانة تختلف عن سرعة الاسطوانة المجاورة ، فان هذا يؤدي الى انتزاع الكرات الموجودة بينها من مواضعها . وهذه الحركة الانتقالية للكرات أو للجسيمات تمثل التيار الكهربى .

وهنا يتخذ هذا النموذج لنفسه حياة خاصة . فبعد أن كان قد صمم أولا لتفسير تولد التيارات الكهربائية من التغيرات المغناطيسية ، اذا به يوحى لماكسويل تفسيراً لتولد المغناطيسية من تغير القوة الكهربائية . ولنفترض الآن أن الكرات والاسطوانات في حالة سكون . فاذا أثرت قوة ما في الكرات الكهربائية ، ودفعتها للحركة ، فان اسطوانات المغناطيسية الملتصقة بها سوف تأخذ في الدوران ، مولدة بذلك قوة مغناطيسية . ويصمد هذا النموذج كذلك أمام التفاصيل . ولنأخذ مثالا واحدا على ذلك . ان دراسة نموذج ماكسويل تبين أن : الاسطوانات تدور في الاتجاه العمودى لحركة الكرات ، وبذلك يفسر ما شوهد من أن

المجال المغناطيسى يعمل فى اتجاه عمودى على اتجاه سريان التيار الكهربى !

ولقد كتب ماكسويل عن أنموذجه هذا فقال : « أنتنى لا أقدم هذا الأنموذج باعتباره حقيقة واقعة فى الطبيعه ولكنه أنموذج يعطى تفسيراً ميكانيكياً يمكن دراسته بسهولة للعلاقات بين الظواهر الكهربيه والمغناطيسيه المعروفة » . ومن بين هذه العلاقات الميكانيكيه الأخرى التى أمكن لماكسويل أن يفسرها ، التناظر الكهربى بين سلكين متوازيين يحملان تيارين فى اتجاهين متضادين (حيث أرجع ذلك الى الضغوط الطارده المركزية ؛ للأسطوانات الدائره ، على الجسيمات الكهربيه فى الأنموذج) ، وكذلك فسر تيارات الحث (نتيجة لانتقال مبرعة الدوران من أسطوانة الى أخرى) .

ولم يترك ماكسويل أنموذجه عند ذلك الحد ، اذ كان على هذا الأنموذج أن ينجح فى الامتحان الأكبر : وذلك اذا أعطى تفسيراً ميكانيكياً لنشأة الموجات الكهربيه المغناطيسيه . وهنا يجدر بنا أن نتجه لدراسة موضوع المكثفات والعوازل ، اذا رغبنا فى أن نلم بهذا الموضوع .

كان فاراداي ، فى أثناء اجرائه لتجاربه ، قد توصل الى حقيقة عجيبة ، وهى أن نوع العازل المستخدم فى المكثف يؤثر تأثيراً كبيراً فى اختلاف سعة المكثف وقدرته على احتواء الشحنة . وكان من الصعب اعطاء تفسير لهذه الظاهرة طالما كانت العوازل متساويه فى عديم سماجها للتيارات الكهربيه بالمرور . ولكن ماكسويل ، وبفضل أنموذجه ، أمكنه أن يقدم افتراضاً جريئاً يقول ان الجسيمات الكهربيه لا تستطيع

أن تتحرك بحريتها من أسطوانة لآخرى فى المواد العازلة ، ومن ثم لا يسرى تيار كهربي . غير أنه كان من المعلوم أن « ظواهر كهربية محلية » تحدث فى هذه الفوازل . ولذلك ، فقد افترض ماكسويل أن هذه الظواهر ان هى الا تيسارات من نوع خاص ، فعندما تؤثر قوة كهربية على جسم عازل ، فان جسيمات الكهرباء تتزحزح ولكنها لا تنفرد : انها تتصرف كما لو كانت سفينة ألقت مراسيها فى بحر متلاطم ، تحركها الرياح حول مراساها فى مسافة محددة ، والى الحد الذى تتعادل فيه قوة الدفع مع قوة شدها الى المرساة . وتتحرك الكرات الكهربية مسافات محددة حيث تتعادل قوة الدفع مع مقاومة الأسطوانات المرنة . وبمجرد أن تتوقف القوة الدافعة ترتد الجسيمات الى أماكنها الأصلية . وعندما يرتد الجسم فانه لا يصل الى موضعه الاصلى بل يعتمد ، ثم يأخذ فى الذبذبة حول هذا الموضع الاصلى . وهكذا تنتقل هذه الذبذبة خلال العازل على هيئة موجة . وهكذا يسرى تيار ازاحى لفترة قصيرة ، وذلك لأن الموجة ان هى الا التيار . واذا تغيرت القوة الكهربية المؤثرة على العازل بشكل مستمر ، تولدت موجة ازاحية متغيرة باستمرار ، أى تولد تيار مستمر .

وعلى اثر ذلك : توصل ماكسويل الى نتيجة تعتبر من النتائج الفاصلة وتتناول العلاقة بين سرعة الموجة الازاحية أو التيار ، وسرعة الضوء . وهنا علينا أن نعود الى أبحاث عالمى الفيزياء الألمانين ويلهلم فيبر وفردريك كوهلرأوش عن العلاقة بين قوة الكهرباء الاستاتيكية وقوة الكهرباء الديناميكية . وكانت وحدة شحنة الكهرباء الاستاتيكية تعرف بأنها التنافر الذى يحدث بين وحدتين من الشحنات المتماثلة

بينهما وحدة المسافات . أما وحدة شحنة الكهرباء الديناميكية فانها تعرف بأنها التنافر الذي يحدث بين طولين معينين من سلكين يحملان تيارين كهربيين ، « ويمكن تعيينهما بكمية الشحنة التي تمر عبر أية نقطة في وحدة الزمن » .

ولايجاد مقارنة بين التنافر بين الشحنات الاستاتيكية والتنافر بين الشحنات المتحركة ، كان لا بد من ادخال ثابت للتناسب ، وذلك لاختلاف الوحدات . وقد وجد أن هذا الثابت انما يمثل سرعة ، وذلك لأن طول السلك ثابت ، وعدد وحدات الكهرباء التي تمر بنقطة معينة يمكن قياسه ، ولذلك فعلى الباحث أن يأخذ في الاعتبار الطول مقسوما على الزمن وهذا يعنى السرعة . ولقد وجد فيبر وكوهلراوش أن سرعة انتقال الكهرباء عبر سلك جيد التوصيل تقرب من 3×10^{10} سنتيمتر في الثانية . وكانت هذه مصادفة عجيبة لأن هذا الرقم يكاد يقارب تماما سرعة الضوء التي سبق تعيينها قبل ذلك ببضع سنوات .

وهنا تابع ماكسويل هذه المصادفة وأيد أولا نتائج فيبر وكوهلراوش . مستخدما ميزان لى لمقارنة التنافر بين شحنتين استاتيكيتين وكذلك بين سلكين يحملان تيارين كهربيين ، كما عين فى نفس الوقت سرعة التيارات الازاحية فى ثنائى التكهرب (أو الجسم العازل) . وجاءت النتائج متطابقة الى حد كبير . وبمعنى آخر فان التيارات الكهربائية فى الموصلات الجيدة ، والتيارات الازاحية فى الأجسام العازلة ، والضوء فى الفضاء (وهو بالطبع جسم عازل) انما تنتقل كلها بنفس السرعة . وعندما توصل ماكسويل الى هذا البرهان لم يتردد فى تأكيد وجود الشبه بين هذه

الظواهر وهى التحركات الكهربائية والضوء ، وقال : « أثبتنا
لا نستطيع أن نتجنب هذه النتيجة وهى أن الضوء يتكون
من موجات مستعرضة فى نفس الوسط الذى يسبب الظواهر
الكهربية والمغناطيسية » .

وكان على ماكسويل بعد ذلك أن يطور أنموذجه ، وفى
بحثه « نظرية ديناميكية للمجال الكهربى المغناطيسى » الذى
نشره عام ١٨٦٤ ، كشف عن البناء الذى كان قد وضع
تصميمه . وكما قال سير ادموند هوتيكر : « لقد أزال
السيقات التى ساعدته فى أول الأمر على بناء أنموذجه » ،
فقد اختفت الجسيمات والأسطوانات ؛ وحل محلها المجال
والأثير ، وهو نوع خاص من « المادة المتحركة يتولد عنها
ما نشاهده من الظواهر الكهربائية المغناطيسية » . وللمادة
التي يتكون منها الأثير خواص عجيبة . أنها غاية فى الدقة
وقادرة على اختراق الأجسام ، أنها تملأ الفضاء بوسط
مرن ؛ أنها مركبة من « التموجات الضوئية والحرارية » .

ومنع كل ما يمتاز به الأثير من البراعة والمهارة والدقة
فانه لا يقل فى تركيبه الميكانيكى عن الأسطوانات والكرات ،
فهو يتحرك ، وينقل الحركة ويتشكل بمرونة ، ويخزن
الطاقة الكامنة (الميكانيكية) ويطلقها عندما تزول عنه
الضغوط التى تسبب تغير شكله . وهو باعباره تركيباً
ميكانيكياً ، كما قال ماكسويل : « يجب أن يخضع للقوانين
العامة للديناميكا ، ويجب علينا أن نكون قادرين على معالجة
كل آثار حركته ، على شرط أن نعرف العلاقة بين حركات
أجزائه المختلفة » . وقد أخذ على ساعاته مهمة حل هذه
المسائل فتوصل الى المعادلات الماكسويلية الشهيرة عن المجال
الكهربى المغناطيسى . ولقد ظهرت هذه المعادلات فى شكلها

النهائي في كتابه عن الكهرباء والمغناطيسية الذي يجمع نتائج آرائه وأفكاره وتجاربه خلال عشرين عاما .

بنى ماكسويل هذه المعادلات على قواعد أربع وهي :

(١) إذا أثرت قوة كهربية في موصل ، تولد تيار يتناسب مع هذه القوة ، (٢) إذا أثرت قوة كهربية على جسم عازل تولدت ازاحة تتناسب مع هذه القوة ، (٣) يولد التيار الكهربي مجالا مغناطيسيا عموديا على اتجاه مرور التيار ويتناسب مع شدته ، (٤) يولد المجال المغناطيسي المتغير قوة كهربية تتناسب مع شدة المجال . وهناك تشابه وتناسق عجيب بين القاعدتين الثالثة والرابعة . والقاعدة الثالثة ، هي قانون فاراداي للتأثير الكهربي المغناطيسي ، وحسب هذه القاعدة فان « معدل تغير عدد خطوط التأثير المغناطيسي التي تمر خلال دائرة كهربية يساوي الشغل المبذول في نقل وحدة الشحنة الكهربية حول هذه الدائرة » . أما قانون ماكسويل المكمل لهذا ، وهو القاعدة الرابعة ، فانه يقول ان : « معدل التغير في عدد خطوط القوة الكهربية التي تمر خلال دائرة كهربية يساوي الشغل المبذول في نقل وحدة القطب المغناطيسي حول هذه الدائرة » .

وعلى هذا الأساس يمكن وضع معادلتين متناسقتين احدهما تعبر عن الطبيعة المستمرة للمجالات الكهربية والمغناطيسية ، والاخرى توضح كيف أن التغيرات في أحد المجالين تؤدي الى تغيرات في المجال الآخر .

كيف ، إذن ، يندخل مفهوم المجال في هذه النظرية ؟ لقد تتبعنا ماكسويل عندما نزع عن أنموذجه الجسيمات والأسطوانات واختزله الى وسط أثري . وهو الآن يكاد ينزع عن الوسط كل صفاته فينا عدا الشكل . أن جميع

صفاته قد أصبحت هندسية بحتة • وما هذا الا مثال كامل .
للتجريد الرياضى •

ان الأثير ما هو الا شئ يرتجف اذا ما وخر ، ولكنه
لا يتانى فعلا من ذاته • ويتكون المجال الكهربى المغناطيسى
من نوعين من الطاقة هما : طاقة كهربية استاتيكية او
كامنة ، وطاقة كهربية ديناميكية أو طاقة حركة ، ويمكن
تصور الأثير : باعتباره مكثفا كونيا ، على انه يخزن الطاقة ،
وفى هذه الحالة ، ولأنه مرن ، فان شكله يتشوه • ولما كان
الأثير يملأ الفضاء كله ، فاننا لا نجد فارقا سواء تناولنا
تيارا حاثا او تيارا ازاحيا ؛ فالأثير فى كلا الحالين يأخذ
فى الحركة • وهذه الحركة تنتقل ميكانيكيا من أحد اجزاء
الوسط الى الجزء التالى له حيث ندركها نحن على هيئة حرارة
أو ضوء أو قوة ميكانيكية (مثل التنافر بين الأسلاك) او
على هيئة اية ظاهرة مغناطيسية او كهربية أخرى • ان القاعدة
التي تحكم كل هذه الظواهر ، هى قاعدة الشغل الأقل •
هذا هو القانون الأكبر للطبيعة الشحيحة (أن كل شغل فى أى
جسم انما يبذل بأقل ما يمكن من الطاقة) وكان هم ماكسويل
الأكبر أن تنطبق هذه القاعدة على الظواهر الكهربية
والا استحال تفسيره الميكانيكى لهذه الظواهر •

★★★

فاذا أخذنا هذه النقاط فى اعتبارنا ، أمكننا أن ندرس
مجموعة من معادلات ماكسويل التي تصف سلوك المجال
الكهربى المغناطيسى فى الفضاء الخالى • وفى هذه الحالة
لا توجد موصلات أو شحنات طليقة ، وينشأ المجال من منطقة
أخرى فى الفضاء •

والمعادلة الأولى هي :

انفراج ك = صفر

وتمثل ك قوة المجال الكهربى ، الذى يتغير بتغير الزمان والمكان . وهذه المعادلة تمثل عملية رياضية تعطى معدل التغير . وتعنى هذه المعادلة أن عدد خطوط القوة الكهربائية (التى تمثل قوة المجال) التى تدخل أى حجم ضئيل فى الفضاء لابد وأن يساوى عدد خطوط القوى التى تغادر المكان . أى أن معدل التغير فى عدد خطوط القوى يساوى صفرا ، لأنها لا تخلق ولا تفتنى .

والمعادلة الثانية هي :

انفراج م = صفر

حيث تمثل م المجال المغناطيسى ، وتعطى هذه المعادلة نفس المفهوم السابق ولكن عن المجال المغناطيسى .

والمعادلة الثالثة هي :

$$\frac{d\mathbf{E}}{dt} + \frac{1}{c} \frac{d\mathbf{B}}{dt} = 0$$

وهذه المعادلة التى وضعها ماكسويل تمثل قانون فاراداي عن الحث ، وهى تصف ما يحدث فى مجال مغناطيسى متغير .

أما $\frac{d\mathbf{E}}{dt}$ فانها تعبر عن معدل تغير المجال المغناطيسى .

فالمجال المغناطيسى المتغير يولد مجالا كهربيا ، وهذه الحقيقة يعبر عنها الجزء الأيمن من المعادلة . والمعادلة ليست مجرد تحليل ، انها تعطى صورا واقعية عما يحدث . فلنفترض وجود مجال مغناطيسى منتظم فى منطقة ما من الفضاء ، فان

حزمة من الخطوط المتوازية تمثل شدة المجال واتجاهه . فإذا تغير المجال (بالحركة أو بزيادة أو انخفاض قوته) ، فانه يولد مجالاً كهربياً يؤثر فى دائرة حول خطوط القوى المغناطيسية ، والشغل المبذول فى تحريك وحدة الشحنة الكهربائية حول هذه الدائرة . فإذا كانت الدائرة عبارة عن ملك كهربى فان الخطوط المغناطيسية المتغيرة تؤدى الى مرور تيار ، ولكن حتى بدون وجود ملك فانها تؤدى الى وجود قوة . فإذا قسمنا هذه القوة على المساحة المحصورة بالدائرة فان هذا يعطينا القوة الدافعة الكهربائية (لوحدة المساحات) التى تدور حول الدائرة . فإذا تصورنا أن الدائرة أخذت تصغر رويدا رويدا الى ان تنكمش فتصبح نقطة أ . بهذه الطريقة نحصل على القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربائية لوحدة المساحات وهى : دوران ك عند أ . وبهذا تدلنا المعادلة على أن القيمة الحدية للقوة الدافعة الكهربائية لوحدة المساحات تساوى معدل تغير م عند النقطة أ ، مضروبة فى الكسر الضئيل السالب $-\frac{1}{\text{س}}$. و س هنا ترمز الى نسبة وحدة الكهرباء الاستاتيكية الى وحدة الكهرباء المغناطيسية ، اذ يلزم هنا أن نحول ك (وهى ظاهرة كهربية استاتيكية) و م (وهى ظاهرة كهربية ديناميكية) الى نفس النظام من الوحدات . وتبين المعادلة كيف استطاع ماكسويل أن يربط بين الظاهرتين الكهربائية والمغناطيسية وبين سرعة الضوء . وذلك لأن س ما هى فى الحقيقة الا سرعة الضوء .

والمعادلة الأخيرة هي :

$$\frac{1}{\text{دوران م}} = \frac{\text{د}}{\text{س}} \times \frac{\text{دز}}{\text{س}}$$

وهي تبين أنه فيما عدا التغير في العلامة الجبرية (وهي تدل على اتجاه المجال) ، فإن دوران ك و م في المعادلة السابقة يمكن عكسهما - فعند أية نقطة وفي أية لحظة تساوى القوة المغناطيسية لوحدة المساحات التي تولدت عن مجال كهربى متغير ، تساوى معدل تغير المجال الكهربى مع الزمن مضروبا في كسر ضئيل موجب هو $\frac{1}{\text{س}}$. والآن فإن معدل التغير هذا ما هو إلا تيار الازاحة لماكسويل - ولما كانت التغيرات تحدث في الجسم العازل المعروف بالفضاء ، فإن التيارات الوحيدة التي يمكن أن تسرى انما هي تيارات ازاحية - وكان يظن قبل ماكسويل أن المجال المغناطيسى يمكن أن يتولد فقط بواسطة تيارات تسرى في أسلاك - ولكن الفضل كان لاكتشاف ماكسويل العظيم ، الذي استنتجه ميكانيكيا من أنموذجه ، والذي عيّن عتبه رياضيا في هذه المعادلة ، اذ مكنتنا من أن ندرك أن مجالا كهربيا متغيرا مع الزمن يولد قوة مغناطيسية حتى في جسم عازل أو في الفضاء .

وطبقا لنظرية ماكسويل ، فإن ادخال قوة كهربية متغيرة مع الزمن في الجسم العازل تولد موجات ازاحية تتحرك بسرعة الضوء - وهذه الموجات الدورية من الكهرباء الازاحية تصحبها قوة مغناطيسية دورية - وتتكون الموجة من ذبذبات كهربية عمودية على اتجاه الازاحة الكهربائية - ومجموع هذه الحركات هو ما يسمى الموجة الكهرومغناطيسية

وموجة الضوء (وهي موجة ازاحية) ، كما أوضح هنرى بوانكاريه فيما بعد ، ان هي الا « سلسلة من التيارات المتغيرة ، تسرى فى الجسم العازل ، أو فى الهواء ، أو فى الفضاء بين الكواكب ، وتغير اتجاهها ١٠ ١٠ مرة كل ثانية . ويتولد عن هذا العدد الهائل من التغيرات السريعة تيارات فى الأجزاء المجاورة من العازل ، وهكذا تنتقل موجات الضوء من مكان الى مكان » .

وقد اختيرت نظرية الضوء الكهرومغناطيسية عملياً وصمدت بجدارة أمام التجارب العملية . ولكن كانت هناك طرق أخرى لاختبار صحة نظرية ماكسويل . فاذا كان منطقته سليماً فلا بد أن تولد المصادر الأخرى للاضطراب موجات كهربية أخرى ذات ذبذبات تختلف عن ذبذبة الضوء . وهذه الموجات تكون غير مرئية ، الا أنه لا بد من تمييزها بوساطة أجهزة خاصة . ولم يعيش ماكسويل حتى يرى اكتشاف هذه الموجات . ولكن هنريش هيرتز استطاع ، بعد وفاة ماكسويل بعشرة أعوام ، كسب السبق وإثبات وجود هذه الموجات . لقد استطاع عن طريق سلسلة من التجارب الرائعة ، توليد موجات الراديو الكهربائية . وخلص من ذلك الى ثبوت الرابطة « بين الضوء والكهرباء » . التى كثرت حولها الهمسات والشكوك والتنبؤات . . ولم يعد أفق علم البصريات مقصوراً على موجات أثرية دقيقة يبلغ طولها مجرد كسر صغير من المليمتر ، لقد اتسع افقها ليشمل موجات تقاس بالسنتيمترات والأمتار والكيلو مترات . وبالرغم من هذا الاتساع ، فانه يبدو مجرد جزء صغير من أفق الكهرباء الواسع . وهكذا نرى أن الكهرباء قد أصبحت مملكة جبارة » .

وكان ماكسويل قد أتم بحثه العظيم عن النظرية الكهرومغناطيسية في حين كان « على الماش » في جلينلير . ولم تستنفد الأجزاء صغيراً من طاقته ، فقد كان يقوم بجوار هذا العمل ، وفي نفس الوقت ، بكتابة كتاب في الحرارة وعدة بحوث أخرى في الرياضيات ، ورؤية الألوان ، وغيرها من الموضوعات الفيزيائية . وظل في مراسلات كثيرة علمية واجتماعية ، ووسع منزله ، ودرس اللاهوت ، وألف منشورات من شعر سييء ، وكان يركب الخيل ، ويخرج للسير مسافات طويلة مع كلابه ، ويزور جيرانه ويلعب أولادهم ، كما كان يقوم بزيارات كثيرة لكامبريدج للاشتراك في وضع امتحاناتها ومنساقاتها الرياضية والحكم فيها .

وفي عام ١٨٧١ أسس كرسي الطبيعة التجريبية في كامبريدج . ومع الصعب علينا أن نتصور أنه لم تكن تدرس في ذلك الوقت مقررات في الحرارة والكهرباء والمغناطيسية في تلك الجامعة ، كما لم يكن بها معمل معد لمتابعة هذه العلوم وأجراء التجارب فيها . وكانت الجامعة ، كما كتب أحد المثقفين المعاصرين ، « قد فقدت صلتها بالحركات العلمية العظيمة التي تجرى خارج أسوارها » . ولذلك فقد تكونت لجنة من الأساتذة لدراسة هذا الموضوع ، وأعدت تقريراً ، أوضحت فيه هذه الحقائق المذهلة ، وقدمته الى دوق ديفونشاير ، مدير الجامعة . فوافق على منح المبالغ اللازمة لبناء وتأثيث معمل كافنديش الشهير . ومع أن ماكسويل لم يكن يرغب في ترك جلينلير ، إلا أنه تحت ضغط أصدقائه تقدم لهذا المنصب الذي قبل فيه فوراً .

وتفرغ ماكسويل وخصص وقته لتصميم العمل والاشراف على بنائه - وكان هدفه أن يصبح أحسن معهد من نوعه ، يجوى أحدث الأجهزة ويستخدم أحسن الأساليب وأسلمها لأجزاء البحوث - وقدم لهذا العمل كل أجهزته الخاصة وأكمل هبة الدوق بمبالغ أخرى سخاء من عنده - وكان على ماكسويل أن يهتم بالكثير من التفاصيل ، ولذلك فإن عملية البناء والتأثيث لم تتم الا فى عام ١٨٧٤ - ومع أن هذا التأخير لم يكن منه بد ، فإنه اوجد بعض المتاعب ، فقد كتب ماكسويل يقول : « اننى لا أجد مكانا أضيق فيه الكرسي الذى أجلس عليه ولذلك فأننى أنتقل من مكان الى آخر مثل العصفور ، حيث ألقى « آرائى » فى الفترة الأولى فى مدرج الكيمياء ، وفى قسم النبات فى الفترة الثانية ، وفى قسم التشريح فى الفترة الثالثة » - ولثم تكن « آراؤه » هذه سوى مقرراته التى كان يلقيها فى الحرارة والكهرباء والكهرومغناطيسية -

فى عام ١٨٧٦ نشر كتاب ماكسويل عن « المادة والحركة » ، وهو « كتاب صغير فى موضوع عظيم » وحوالى ذلك الوقت ، كتب مقالات عدة فى موضوعات مختلفة - مثل « الذرة » و « الأثير » و « التجاذب » و « فاراداي » وغيرها - للطبعة التاسعة من الموسوعة البريطانية - وكانت محاضراته العامة تتناول مجموعة لطيفة من الموضوعات مثل « حول التليفون » - ولما كان قد ألقى هذه المحاضرة وهو مريض جدا ، فإنها لم تكن واضحة مثل أحسن انتاجه ، وكانت كذلك مليئة بالجوانب المرحية المسلية - فعندما تحدث عن « اختراع الأستاذ بل » علق على التناقض العجيب التام بين

جميع أجزاء الجهاز « فالسلك فى الوسط ، والتليفونان فى نهايتى السلك » والثرثاران فى طرفى التليفونين » - وقد أمضى ماكسويل خمسة أعوام فى تحرير ونشر ٢٠ مجموعة من بحوث هنرى كافنديش التى لم تكن قد نشرت - وكان المجلدان الرائعان اللذان نشرهما عام ١٨٧٩ سببا فى تأكيد شهرة وعظمة كافنديش باحث القرن الثامن عشر الموهوب، الذى لم تكن بحوثه فى الكهرباء معروفة لمعاصريه ، وذلك لأن نتائج بحوثه لم تخرج عن حيز مذكراته - ولقد أعاد ماكسويل اجراء تجارب كافنديش وبين أنه قد توصل الى كشف هامة فى الكهرباء من بينها قانون أوم .

ولما تقدمت بماكسويل السن أخذ أصدقاؤه يلاحظون تزايد روحه الاجتماعية - لقد استمر يرى أصدقاؤه الكثيرين وينظم أشعارا خفيفة ويتنزه مع كلبه توبى ، ويأتى ببعض المداعبات اللطيفة - الا انه أصبح حتما وصار يخفى مشاعره واحساساته خلف ستار من السخريات وكانت طبيعته الاسكتلندية الجافة العقلية تتخلط دائما بخيوط رقيقة من الغموض - كان يؤمن بالعلم ، إلا أنه كان فى أعماقه متشككا فى قدرة العلم على إيضاح أسرار الطبيعة ومعانيها - وقد وصفه معاصروه بأنه كان متواضعا كما كان لاذعا فى نقده العلمى ، وكان تجريبيا فى آرائه العلمية بقدر ما كان جامدا عندما يبدو الآخرون واثقين من أنفسهم .

ولعل أحسن ميزات ماكسويل كانت ظفره ولطفه وخنانه - وكانت علاقته بالمقربين منه تقوم على تفانيه وإخلاصه وانكاره لذاته بشكل منقطع النظير - فعندما جاء

نسيبه الى لندن لاجراء عملية جراحية . ترك ماكسويل الطابق الأول من منزله له ولمرضته وسكن هو فى حجرة كانت من الصغر بحيث كان يتناول افطاره وهو راکع لأن الحجرة لم تكن تتسع لكرسى بجوار المائدة . وفى السنوات الأخيرة من حياة ماكسويل أصيبت زوجته بمرض خطير امتد مدة حلوية . وأصر هو على تمريرها . ويقال انه فى فترة ما لم ينم فى سرير مدة ثلاثة أسابيع . ومع ذلك فقد استمر فى عمله كالمعتاد وكان مرحا كما لو كان يستعذب الشدة . ومن يدرى فلعله كان فعلا يستعذب المحنة . ولم يظهر أبدا ما يدل على مرضه الخطير .

وفى ربيع عام ١٨٧٧ بدأ يحس الاما خانقة عند البلع . ولأسباب خافية لم يستشر أحدا فى هذه الأعراض مدة عامين ، مع أن حالته كانت تسوء بالتدريج . وقد لاحظ أصدقاؤه فى كامبريدج ، أن صحته فى تدهور وعندما عاد الى جلينلير فى صيف عام ١٨٧٩ ، كان ضعفه قد بدا واضحا فاضطر لاستدعاء الطبيب . كان فى حالة من الألم الفظيع « كان يصعب عليه أن يظل راقدا ساكنا لمدة دقيقة واحدة ، ولم يكن ينام وينعم ، وفقد شهيته للأكل مع أنه كان فى أشد الحاجة للغذاء » . وكان قد أدرك تماما أن حالته ميؤوس منها ، ومع ذلك فقد ظلت صحة زوجته هى شغله الشاغل . ومات فى ٥ من نوفمبر . وكتب طبيبه ، دكتور باجيت : « لم أشاهد رجلا قابل الموت بمثل هذا الهدوء والوعى » . وعندما دفن ماكسويل فى حوش كنيسة بارثون فى جلينلير ، لم يكن العالم قد أدرك بعد كنهه آرائه وأفكاره . ومازالت مملكته التى خلقها تفكيره المبدع تنتظر من يكشف عن بعض كوامنها .

القسم الخامس
دراسة الحياة

ويليام هارفى

« تعود بى الذاكرة الى المقابلة الوحيدة التى تمت بينى وبين هارفى الشهير (قبل أن يموت بفترة قصيرة) ، عندما سألته عما جعله يفكر فى وجود دورة دموية فى جسم الانسان - واجابنى قائلا ، ان ملاحظته وجود الصمامات فى الأوردة التى تشق طريقها فى أجزاء كثيرة من جسم الانسان ، وأن هذه الصمامات موضوعة بطريقة تسمح بمرور الدم الى القلب ولكنها تعوق مرور الدم الوريدى فى الاتجاه الآخر - ان هذه الملاحظة جعلته يتصور ان الطبيعة لم تضع هذه الصمامات الكثيرة دون غرض أو هدف ، وأن الهدف المرجح هو أن تقوم هذه الصمامات بمنع الدم من الوصول الى الأطراف عن طريق الأوردة ، انما يجب أن يصل الى هناك عن طريق الشرايين ثم يعود الى القلب مرة أخرى عن طريق الأوردة التى لن تعوق سيره فى ذلك الطريق » .

هذه هى كلمات عالم الكيمياء الايرلندى روبرت بويل التى يصف فيها مقابله مع وليام هارفى ، وردت فى كتابه « بحث فى الملل النهائية للأمور الطبيعية » الذى نشر بعد وفاة هارفى بواحد وثلاثين عاما - والواقع أن هذه هى العبارات الوحيدة التى ذكرها هارفى لتفسير وصوله الى

كشفه العظيم الذى يعتبر قمة فى تاريخ علم الحياة والواقع أن هذا الرجل الذى وضع الأسس التى قام عليها علم الطب الحديث مجرد اسم عند أغلب الناس ، فكتابه الكلاسيكى الذى كتب باللاتينية « دراسات تشريحية عن حركة القلب والدم فى الحيوانات » اصاب شهرة كبيرة ولكنه لم يفرا الا لما • وحقيقة الأمر أن الرجل والكتاب اكثر اهمية مما يبدو للكثيرين نتيجة ظلال النسيان التى تخيم على كل منهما •

ولد « هارفى الشهير » فى مدينة فولكستون عام ١٥٧٨ . وصار أبوه بعد ذلك عمدة للمدينة • وكان عمره عشر سنوات عندما قام الأسبان بهجومهم على انجلترا • وبدأ تدريبه كطبيب فى لندن فى العام الاخير من حكم اليزابيث • واعطى أول محاضرة له فى الدورة الدموية عام ١٦١٦ ، فى نفس العام الذى مات فيه شكسبير • ومثل شكسبير ، لم يترك لنا هارفى ، الى جانب كتاباته ، سوى القليل عن اخبار حياته • وأغلب معلوماتنا المتعلقة بشخصه مستمدة من مؤرخ حياته ، جون اوبرى الذى كتب « ملخصا لحياة هارفى » • ويصف اوبرى ذلك العالم الكبير فيقول انه كان رجلا قصيرا جدا « وعيناه صغيرتان مستديرتان ممعتتان فى السواد يطل منهما بريق الحيوية » • وكان عصبى المزاج وتصرفاته لا تتخلو من بغض الغرابة • وكان فى شبابه يحمل فى وسطه خنجرا ، كمادة ذلك العصر ، ولم يكن يتورع عن شربه لأقل استفزاز • تزوج فى السادسة والعشرين من عمره ، ولكننا لا نعرف شيئا عن زوجته أو عن حياة أسرته ، اللهم سوى أنه لم ينجب أطفالا • وكان هارفى يفضل أن يمكث فى الظلام

حتى يستطيع أن يفكر بشكل أفضل ، وبنى فى منزله كهوفا
للتأمل والتفكير .

والمعروف عن هارفى أنه كان ردىء الخط يكتب
بسرعه ، لذن بشكل مقروء ، وكانت كتاباته مزيجاً من
اللاتينية والانجليزية ، وكثيراً ما كان يخطئ فى الهجاء
الى درجة تلفت النظر . ولم يصلنا ، الى جانب كتابه السالف
الذكر ، سوى القليل من كتاباته . ولعل احد الاسباب التى
ادت الى ذلك أنه فقد كثيراً من أوراقه خلال الحرب الاهلية
التي استمرت عام ١٦٤٢ عندما هاجم المتظاهرون منزله فى
لندن واتفوا مخطوطاته ، وكان هو فى ذلك الوقت مع
تشارلز الاول كطبيب المعالج . وقال هارفى بعد ذلك ان هذه
الخسارة كانت أفدح كارثة لحقت به .

كرس هارفى حياته ، المليئة بالنشاط والحيوية ، فى
البحث عن المعرفة ، وكتب اثنتى عشر كتاباً على الأقل فى
مختلف الموضوعات غير أنها لم تر النور ، مثل مخطوطاته
التي ألفتها المتظاهرون . ولعل أهم كتاب من كتبه التى
نشرت ، بعد كتاب « حركة القلب » ، هو « عن التكاثف »
الذى أسهم بدور كبير فى علم الأجنة .



ومهما يكن من أمر ، فان أعمال هارفى المتعلقة بالدورة
الدموية « هى التى صنعت له تمثالاً من النبر » ولا تقتصر
أهمية هذه الأعمال على كونها كشفاً تاريخياً فى علم الحياة ،
ولكنها تفوق ذلك ، من حيث كونها تعبيراً لاستخدام الأسلوب
العلمى فى الدراسات المتعلقة بالحياة . كان هارفى معاصراً .

لجاليليو وكبلر وباكون وديكارت ، ووجدت فيه الثورة العلمية التي قامت في عصر النهضة والتي قضت على نظام الفلسفة الكلاسيكية وأقامت بدلا منه الأساليب التي يعتمد عليها العلم الحديث ، وجدت فيه واحدا من دعايتها . والواقع أن هارفي كان أول عالم من علماء الحياة يستخدم الأساليب الكمية لتوضيح كَيْشَف هَام . كان يلجأ الى الوزن والقياس والعد حتى يصل إلى الحقيقة . وكان هذا أمرا جديدا تماما بالنسبة للقرن السابع عشر لدرجة أن عمل هارفي ، مع عبقريته الفذة ، لم يخل من بعض الأخطاء . وبالرغم من كل شيء ، فإن استخدام هارفي لذلك الأسلوب الكمي في الدراسة كان بمثابة فتح عهد جديد في علم الحياة .

تخرج هارفي في جامعة كامبريدج عام ١٥٩٧ ثم ذهب إلى دراسة الطب في جامعة بادوا ، أكبر مدرسة علمية في ذلك العصر . وكانت علوم التشريح وفسيولوجيا القلب والشرائين والأوردة والدم تدرس بنفس النظام الذي وضعه الطبيب الاغريقي جالينوس منذ أربعة عشر قرنا . كان جالينوس يقول ان « الكيل » (وهي نوع من المادة اللمفاوية) تنتقل من الأمعاء إلى الكبد التي تحولها إلى دم وريدي وتضيف إليها في نفس الوقت « روحا طبيعية » . وتقوم الكبد بعد ذلك بتوزيع هذا الدم عن طريق الجهاز الوريدي بما فيه البطين الأيمن للقلب . وكان جالينوس يعرف ، عن طريق التجربة ، أنه عندما يقطع وريدا أو شريانا كبيرا في الحيوان فإن الدم يتدفق من الوريد أو من الشريان ، وأدرك أنه لا بد من وجود علاقة ما بين الأوردة والشرائين ، واعتقد انه عشر على هذه العلاقة عندما حيل إليه أنه عشر على ثقب صغيرة في

الجدار الذى يفصل بين الجزء الأيسر من القلب وجزءه الأيمن وقال ، بناء على ذلك ، ان الدم الـوزيدى يتغفل خلال هذه الثقوب الى الجزء الأيسر من القلب حيث يحصل على « الروح الحيوية » الواردة من الرئتين ، ويكتسب بذلك اللون القرمزى الـبراق الذى يميز الدم الشريانى .

وكان جالينوس يرى ان الدم يتدفق الى مختلف اجزاء الجسم خلال الأوردة والشرايين ليمد أطراف الجسم بما تحتاج اليه من غذاء وروح . لم يكن يرى وجود قوة دافعة او دورة حقيقية ، وانما كان يعتقد أن الدم الموجود فى الاوعية يرتد ببساطة بين فترة واخرى الى القلب والرئتين للتخلص من الاوشاب التى علقته به .

وما ان حل عصر هارفى حتى كانت تعاليم جالينوس قد عانت تعديلين هامين . أما التعديل الأول فصاحبه اندرياس فيسالياس مؤسس علم التشريح الحديث ، وهو من مواطنى بادوا . أعلن عام ١٥٥٥ أنه لا وجود لـ«ثقوب» جالينوس ، وتمكن خلف فيسالياس ، وهو رىالدو كولومبو ، من كشف نظام انتقال الدم من الجانب الأيمن للقلب خلال الشرايين الرئوية الى الرئتين ، ثم عودته الى الجانب الأيسر للقلب عن طريق الأوردة الرئوية ، كما أوضح ، عن طريق التجارب التى أجراها على الحيوانات ، أن الأوردة الرئوية تحتوى على دم شريانى لا على « روح حيوية » . وأما الكشف المهم الثانى فقد حققه فابريكياس أب أكوابندانت فى بادوا ، وهو وجود صمامات ، أو « أبواب صغيرة » كما أطلق عليها ، فى الأوردة . ولم يدرك فابريكياس وظيفة هذه الصمامات

وسار في اثر آراء جالينوس : اذ قال ان وظيفتها ان تبطن
سريان الدم الى الأطراف *

★★★

وعاد هارفي الى انجلترا عام ١٦٠٢ وهو يتأبط درجة
الدكتوراه التي حصل عليها من بادوا * ونحن لا نعرف هل
بدأ في تكوين فكرته عن الدورة الدموية عندما غادر بادوا *
وعلى أية حال ، فقد مارس الطب في لندن وتسلق سريعا
درجات الشهرة * وفي عام ١٦١٥ ، كرمته كلية الأطباء
الملكية ، التي كان عضوا فيها ، بأن منحته حق القاء
محاضرات لوملي خلال حياته * وفي محاضراته الأولى التي
ألقاها عام ١٦١٦ بدأ وصف الدورة الدموية * ولقد وصلت
إلىنا مذكراته التي تحوى هذه المحاضرات ، وتقع في ٩٨
صفحة ، وفيها يصف بعض تجاربه ، ومن ضمنها تلك
التجارب التي أقنعت به بأن « الطبيعة لم تضع هذه الصمامات
الكثيرة دون غرض أو هدف » ، والتي أثارت في ذهنه فكرة
الدورة الدموية كما ذكر روبرت بويل فيما بعد *

وتوضح هذه المذكرات أن هارفي كان قد اقتنع فعلا أن
هناك دورة دموية تحدث خلال جسم الانسان وأن القلب هو
الذي يقوم بدور المضخة * وفي عام ١٦١٦ اختتم سلسلة
محاضراته بالعبارة التالية :

« ان تركيب القلب يثبت أن الدم ينتقل باستمرار خلال
الرئتين الى الأورطة كما يفعل المنفاخ المائي وهو يرفع
المياه * ولقد ثبت كذلك أن الدم ينتقل من الشرايين الى
الأوردة * ويتضح منه ذلك أن خفقان القلب هو الذي يؤدي

الى الحركة المستمرة لدورة الدم • هل الهدف من ذلك هو تغذية الجسم أم حفظ الدم والأطراف بشكل أفضل عن طريق نقل الدم للحرارة التى يكتسبها من القلب ويفقدها عندما ينقلها الى الأطراف ليعود فيكتسبها مرة أخرى من القلب » •

وبعد اتنى عشر عاما أجرى فيها هارفى مزيدا من التجارب المتعلقة بنظريته عن الدورة الدموية ، نشر كتابه « عن حركة القلب » فى ٧٢ صفحة فقط • ويحوى الكتاب اهداءين (أحدهما للملك تشارلز والثانى للدكتور أرجنت رئيس الكلية الملكية) ومقدمة وسبعة عشر فصلا قصيرا عرض فيها الحجج التى تدعم نظريته •

عرض فى الفصل الاول الاسباب التى دعتة الى كتابة هذا الكتاب (ومن ضمنها رغبته فى تجنب نفسه السخرية) ، ثم عرض فى الفصول الأربعة التالية تحليلا رائعا لحركات القلب والشرايين والأذنين ، وتحليلا لا يقل عنه روعة عن وظيفة القلب • وذكر أنه كاد ييأس أول الأمر من فهم حركة القلب فى الحيوانات ذات الدم الحار لأن النبض فيها سريع جدا • ولكنه وجد أن فى مقدوره أن يحلل حركات القلب فى الحيوانات ذات الدم البارد وكذلك فى الحيوانات ذات الدم الحار وهى تعاني سكرات الموت • ومازالت هذه هى المصادر الأساسية لمعارفنا المتعلقة بحركة القلب ، وذلك فى مجال الفحص المباشر •

وكان هارفى أول من قدم فكرة واضحة عن نبضة القمة وعن الصفة العضلية للقلب ، وكيف أن نبضة القلب تبدأ فى

الاديين (لايمين) تم تنتقل الى الاديين الايسر والبطينيين - وأوضح كذلك ان النبض فى الشرايين يرجع الى تدفق الدم فيها وهو مندفح من القلب ، كما يحدث عندما « ينمى المرء فى فواز » ، وهو تشبيه استخدمه هارفى لأول مرة فى محاضراته عام ١٦١٦ . وتوصل الى استنتاج سليم هو ان « الوظيفة الاساسية للقلب هى انه يضخ الدم وينقله خلال الاوردة الى اطراف الجسم » .

وانتقل هارفى بعد ذلك الى عرض حركة الدم من الجانب الايمن للقلب الى جانبه الايسر خلال الرئتين ، كما جاء فى وصف كولومبو، ثم أوضح كيف ينقل الدم من القلب الايسر خلال الشرايين الى الاطراف ثم يعود مرة اخرى الى القلب الايمن عن طريق الاوردة . ويحتوى هذا القسم من الكتاب على جوهري الكشف العظيم الذى وصل اليه هارفى . لقد استخدم ثلاث نظريات لاتبات ضرورة حدوث الدورة الدموية فى جسم الانسان : (١) ان كمية الدم التى تنتقل من الاوردة الى الشرايين كبيرة لدرجة توجب ان يمر كل الدم الموجود فى الجسم خلال القلب فى فترة وجيزة ، وان هذه الكمية لا يمكن ان تنتج من الغذاء المستهلك كما يقول جالينوس . (٢) ان كمية الدم التى تذهب الى الاطراف الجبر كثيرا فما يلزم لتغذية الجسم ، (٣) ان الدم يعود باستمرار الى القلب من الاطراف عن طريق الاوردة .



ولقد قام هارفى ببحوثه الكمية الشهيرة لتحديد حجم الدم الذى يضخه القلب لكل نبضة «النظرية الأولى» . وكان عليه ، حتى يقوم بحساباته ان يقيس كفاءة الدم المندفعة من

القلب فى كل نبضة ، كما كان عليه ان يسدد معدل النبض -
وانواقع ان هذه العملية فى غاية الصعوبة ، ومازالت هناك
حتى اليوم خلافات فى تحديد هذه الكمية عندما تستخدم
الوسائل المختلفة - ولقد حصل هارفى على رقم لا يتعدى
جزءا من ثمانية عشر جزءا من التقدير المعترف به اليوم -
كيف توصل هارفى الى هذا الرقم الخاطيء جدا واستطاع
فى الوقت نفسه ان يصل الى كشفه العظيم ؟!

وحقيقة الامر ان هارفى اعتمد فى تدليله على نتيجة
فحصه لاحدى الجثث ، اذ وجد ان البطين الايسر فى القلب
يعوى احتر من اوقيتين من الدم - (ولا شك ان هذا القلب
الذى فحصه كان منتفخا - وبناء على ذلك افترض ان البطين
يحتفظ ، فى الفترة بين انقباضاته بكمية من الدم تبلغ
حوالى اوقية ونصف اوقية - وعندما افترض كذلك ان كمية
الدم التى تندفع من البطين عند كل انقباضه تبلغ « ربع او
خمس او سدس او حتى ثمن » ما يحتويه ، وصل الى نتيجة
نهائية هى ان الدم المندفح من القلب فى كل نبضة لا يقل
عن ٢ر٩ جراما - هذا على حين نحن نعتقد اليوم ان كل الدم
تقريبا الموجود فى القلب يندفع منه عند كل انقباضة ،
وتدل التقديرات الحديثة ان حوالى ٨٩ جراما من الدم تندفع
فى كل انقباضة - ولعلنا نلتمس العذر بهارفى اذا لم يتوصل
الى التقدير السليم فى حالة الانسان ، ولكننا نجد أنه وصل
الى ذات النتائج الخاطئة عندما حاول قياس كمية الدم
المندفة من قلب الشاة فى كل نبضة - ولو أنه قطع الأورطة
فى الشاة ووزن كمية الدم المندفة فى بحر دقيقة كاملة ،
وعذ فى نفس الوقت عدد النبضات فى الدقيقة ، لأمكنه أن
يصل الى رقم معقول ، ولكنه لم يقم بهذه التجربة البسيطة -

ولقد أخطأ هارفى كذلك عند قياس معدل النبض - كان الرقم الذى استخدمه عادة هو ١١ نبضة فى الدقيقة ، وهو حوالى نصف المعدل الحقيقى فى المتوسط - ونحن لا نستطيع أن نفسر ذلك الخطأ على أساس صعوبة القياس ، وسنظل نجهل لماذا أخطأ هارفى الى هذا الحد - وعندئذ استخدم هارفى الرقمين اللذين وصل اليهما - ٣٩٩ جراما من الدم تندفع من القلب عند كل نبضة ، وثلاثا وثلاثين نبضة فى الدقيقة - حصل على رقم يدل على معدل سريان الدم يعتبر جزءا من ستة-وثلاثين جزءا من أقل قيمة يمكن قبولها اليوم - وفيما يلى كلماته التى خطها وهو يقوم بحساباته فى مرة من المرات : « ينبض القلب ألف نبضة كل نصف ساعة ، وقد يصل العدد فى بعض الأحيان الى ألفين أو ثلاثة آلاف أو أربعة - فإذا ضربنا عدد الدراهم المنفقة من القلب فى كل نبضة فى عدد النبضات ، استنتجنا أنه فى خلال نصف ساعة تندفع من القلب ٣٠٠٠ درهم أو ٢٠٠٠ درهم أو ٥٠٠ أوقية منطلقة الى الشرايين ، وهى كمية أكبر من كمية الدم الموجود فى كل الجسم » - ان أقل تقدير من تقديراته وهو ٢٠٠٠ درهم أو ١٧١ رطلا يفوق فعلا كمية الدم الموجودة فى الشخص المتوسط الذى يزن ١٥٠ رطلا ، فهذه الكمية هى ١٥ رطلا -

ع

لقد أثبت هارفى فكرته الأساسية بالرغم من حساباته الخاطئة - ان القلب يضخ فى نصف ساعة كمية من الدم تفوق كثيرا كمية الدم الموجودة فعلا فى الجسم - وكانت هذه ضربة قوية لأفكار جالينوس ، اذ من الواضح أن غذاء

الانسان لا يمكن أن يؤدى الى انتاج الدم بشكل مسيّر
وبهذه الكميات .

وكان عرض هارفى لنظريته الثانية التى تقول ، ان
كمية الدم التى تذهب الى الأطراف أكبر كثيرا مما يلزم
لتغذية الجسم ، كان عرضه أقل روعة وأثرا ، فهو لم
يفتخيم هنا وسائل قياس محددة ولكنه لجأ الى الاستنتاج
لدرجه حيرة . غير انه اشار فى مناقشته الى نقطة مهمة هى
أن الدم لا بد أن ينتقل من الشرايين الى الأوردة فى أطراف
الجسم ، ووصف التجربة التى جعلته يقترح فكرة الدورة
الدموية . لقد أوضح أنه اذا استخدم المرء رباطا يمنع مرور
الدم فى الأوردة ولكنه لا يعوق طريقه فى الشرايين ، فان
الأوردة لا الشرايين هى التى ستنتفخ . فاذا زاد المرء من
ضغط الرباط بحيث يمنع مرور الدم فى الشرايين ذاتها ،
فان الأوردة لن تنتفخ فى هذه الحالة . ومن هذه الملاحظات
استنتج هارفى استنتاجا سليما هو أن الدم يدخل الاطراف
عن طريق الشرايين ثم ينتقل بطريقة ما الى الأوردة ، وان
فشل فى العثور على تلك الطريقة .

وقام هارفى بتجربة رائعة لكى يثبت نظريته الثالثة
وهى النظرية القائلة بأن الدم يسرى فى الأوردة نحو القلب
لا بعيدا عن القلب ، كما تنادى تعاليم جالينوس . لقد بين
هارفى انه اذا ضغط المرء باصبعه فوق وريد من الاوردة .
ثم حرك اصبعه ، وهو ضاغط على الوريد من صمام الى
الصمام الذى يعلوه ، فان الدم الذى طرد من هذا الجزء من
الوريد لن يعود ثانية لأن الصمامات لا تسمح بمرور الدم

الا في اتجاه واحد - ان الجهاز الوريدي لا يسمح بمرور الدم - في كل من الاتجاهين ، ولكن في اتجاه واحد ، نحو القلب -



ما الخصائص الأساسية في كشف هارفي ؟ ان العوامل الرئيسية التي تؤدي الى حدوث الدورة الدموية هي القلب الذي يقوم بدور المضخة وانتقال الدم من أحد جوانب القلب الى الجانب الآخر عن طريق الرئتين ، ثم مروره بعد ذلك خلال الشرايين لكل أجزاء الجسم ، وعودته الى القلب مرة أخرى عن طريق الأوردة - وكان هارفي على علم بمرور الدم في الرئتين عندما بدأ بحوثه - وكانت اضافته العظيمة هي أنه أوضح دورة الدم خلال الشرايين والأوردة وربط بين ذلك وبين مرور الدم في الرئتين ، فوضع بذلك نظاما متكاملًا لحركة الدم خلال الجسم - غير أنه كانت هناك قطعة حلقة مفقودة : كيف ينتقل الدم من الشرايين الى الأوردة في الأطراف لكي يعود الى القلب ؟ وبعد مرور ثلاثة وثلاثين عاما على ظهور كتاب « حركة القلب » ، عثر عالم التشريح الايطالي مارشيللو مالبيجي على هذه الحلقة المفقودة عندما كشف وجوه التشريح الدموية ، وبهذا استكملت الصورة التي وضعها هارفي -

ومع الواضح أن القيمة المباشرة لكشف هارفي بالنسبة للطب والجراحة تفوق كل تقدير ، فهذا الكشف هو أساس كل الجهود التي تجتهد لإحتلاج الأوعية الدموية المزبقة أو التي أصابها التلف ، وأساس العمليات الجراحية في حالة

ارتفاع ضغط الدم وأمراض القلب ، وعملية « الطفل الأزرق (١) » الشهيرة ، وغيرها . غير أن الدين أفدح بالنسبة لعلم الفسيولوجيا ، ذلك أن فكرة الدورة الدموية هى أساس فهمنا الحالى للطريقة التى يضمن بها الجسم تثبيت بيئته الداخلية . ان الدور الأساسى فى الحركة الداخلية لجسم الانسان يلعبه ذلك السائل الذى كشف هارفى دورته بفضل بصيرته النفاذة العظيمة -

تشارلز دارون

فى خريف عام ١٨٣١ تقابل الماضى والمستقبل على مائدة
الغذاء ، فى شخص شاين لم يدركا ما تخبئه لهما الأيام
القادمة . أما أحدهما فهو روبرت فيتزروى ، قبطان بحرى
فى السادسة والعشرين من عمره سبق له أن جاب البحار
ورسم الخرائط لشواطئها ، وينوى الاقلاع فى رحلة جديدة.
طويلة . وكان القبطان فيتزروى رجلا متدينا يعتمل فى
صدره كره شديد لعلم الجيولوجيا الجديد ، رأى أن يصطحب
معه عالما من علماء الحياة يشاركه خبرته فى البرارى ويقف
الى جواره فى وجه هؤلاء الذين يستخدمون الصخور لنشر
مطقاتهم ، وأما الشاب الآخر الذى كان يجلس فى مواجهة
القبطان فقد غلب عليه التردد . كان تشارلز دارون يصغر
فيتزروى بأربع سنوات ، وكان سيدا يشغل نفسه بالصيد
بعد أن فشل فى دراسة الطب ، غير أن أسرته ظلت تأمل أن
يصبح تشارلز قسيسا فى إحدى القرى . وتضاربت الأفكار
فى ذهن الشاب . هل يدع صيد الثعالب فى شرويشاير
ويذهب لصيد اللاما فى أمريكا الجنوبية ؟ هل يريد حقا أن
يذهب ؟ وبينما الشاب فى تردده ، وبينما المستقبل ينتظر
القرار اذا بالكابتن فيتزروى يحسم الأمر .

وهذا ما كتبه دارون الى أخته سوزان بعد ذلك : « ان فيتزرولى يؤكد أن الحديث عن البحر الصاخب مبالغ فيه ، ولو أنني اخترت أن أذهب معهم ففى وسعى أن أعود الى انجلترا بمجرد أن أرغب فى ذلك - كما أنه فى مقدورى أن أتركهم فى أى بلد جميل آمن حيث سأجد المعونة دائما ، وسأجد لدى كافة المعدات والبنادق ... ان الأمور تسير سيرا حسنا ، فالى اللقاء يا عزيزتى سوزان » .

وفى السابع والعشرين من ديسمبر عام ١٨٣١ ، أقلعت السفينة « بيجل » ذات عشرة المدافع وعلى ظهرها تشارلز دارون وصحبه . كانت خطتهم أن يمسحوا شواطئ أمريكا الجنوبية وأن يقوموا بقياساتهم الزمنية حول العالم . وكادت الرحلة تنتهى قبل أن تبدأ اذ قابلتهم فى مبدأ الرحلة عاصفة قاسية . كتب دارون فى مذكراته اليومية : « صار البحر عاليا كالجبل وطفقت الأمواج تتقاذف السفينة بشكل مرعب . وكانت ليلة ليلاء لم أصادف مثلها من قبل والتعاسة تحيط بنا من كل جانب . الرياح تصفر والبحر يزمجر وصرخات الضباط والبحارة تتعالى ، وتتكون من تلك الأصوات جميعها أنشودة لا يمكن أن ينساها المرء سريعا » . وحنّت ارادة الله على القطبان فيتزرولى وضباطه فلم يفلت منهم الزمام . وقرر دارون بعناد غريب أنه كان على حق عندما عاد الى ميناء بليموث لم يستقل دارون ، فقد حزم أمره وقرر « ألا يدع هذه الفرصة الفريدة لرؤية العالم . وانها لفرصة طيبة تموضنى عما فاتنى فى كامبريدج » .

بدأت الرحلة التي فتحت الطريق أمام عقل كبير لم تفسده التعاليم الكلاسيكية القديمة لكى يشبع نهمه بقطع من الصخر وأجزاء من العظام تقبع على الجانب الآخر من العالم، وأتاحت لهذا العقل أن يصيغ من مناقير الطيور وأجنحة الجمارين نظرية جديدة قدر لها أن تهز دعائم الفكر العلمى فى جميع بلدان العالم .



وعندما بدأ دارون رحلته التاريخية خلف وراءه فى انجلترا عالما تغلب عليه النعرة المحافظة ، ذلك أن انجلترا كانت ترتعد من فعال الثورة الفرنسية كما كان يغلب عليها الحذر بالنسبة للأفكار الجديدة البلزغة التى كانت ترجعها « للملحدين الفرنسيين » . وكان الجمود الدينى يسيطر لحد كبير على العلوم الطبيعية . حقا ان الفكرة التى سادت خلال القرن السابع عشر ، والتى تقول بأن العالم خلق عام ٤٠٠٤ قبل الميلاد ، لم تصمد أمام دراسات الطبيعيين للصخور وتتابع أنواع الحياة فيها ، ولكن الرأى الذى ينادى بأن كوكبنا قديم وأنه يعانى التطور بشكل مستمر لم تكن قد تكونت بعد . لم يكن هناك من يتخيل أن عمر الأرض كبير الى الحد الذى نعرفه اليوم . وكانت فكرة تتابع الأحداث وتحول الحيوان خطوة فخطوة الى حيوان آخر تبدو مناقضة للمعتقدات الدينية بل مناقضة للشئ المعقول . وكان الكثيرون من علماء الحياة فى ذلك الوقت - من أمثال لويس أجاسين وريتشارد أوين - يميلون الى الاعتقاد بأن أشكال الحياة المتتابعة فى السجل الجيولوجى ان هى فى

الواقع الا أشكال خلقت بشكل منفصل وأن بعضها تلاشى
خلال الأحداث التاريخية •

غير أن داروين لم يشيد نظرية التطور من الهواء ،
والواقع أن هذه النظرية ، شأتها فى ذلك شأن كثير من
التعميمات العلمية العظيمة ، كانت قد وضعت لها بعض
الأسس قبل أن تحمل اسم داروين • وكانت كل عناصر هذه
النظرية تتمثل فى أذهان الكثيرين ، بل كانت موضع جدل
واسع خلال السنين التى قضاها داروين فى الكلية • وكان
جده ارازماس داروين ، الذى مات قبل أن يولد داروين بسبع
سنوات ، قد اقترح نظرية جريئة عن « تحول » الكائنات
الحية • كما لمت فى ذهن جين بابست لامارك ومضة
رائعة عن التطور المتصل • وكذلك فتح سير تشارلز ليل ،
الذى كان أصدق صديق لداروين طوال حياته ، الطريق أمام
الفكرة التطورية بايضاحه أن الأرض ولا بد أن تكون قديمة
جدا بحيث تسمح بحدوث تغيرات عضوية غاية ما تكون فى
البطء • ورفض ليل الفكرة القائلة باندثار أشكال من
الحيوانات نتيجة كوارث على نطاق العالم بأسره وأوضح
أن قوى الطبيعة - أثر الرياح والصقيع والمياه - تكفى
لتفسير أغلب الظواهر الموجودة فى الصخور ، هذا اذا عملت
هذه القوى لفترات طويلة جدا • وما كان داروين يستطيع أن
يضع نظرية الانتقاء الطبيعى دون استخدام تقديرات ليل
عن الأزمنة الضخمة •

واذا كانت جميع العناصر الرئيسية للرأى الدارويني
عن الطبيعة كانت معروفة قبل داروين فلماذا يحتل ذلك

المركز المهم فى تاريخ علم الحياة ؟ والجواب سهل ميسور وهو أن كل التعميمات العلمية العظيمة انما هى فى الواقع عملية تركيب خلاقة . وفى وقت ما تتراكم الانكشاف والملاحظات الصغيرة ويصبح من الممكن تجميعها فى رأى شامل عظيم متعلق بالطبيعة . عندئذ لا تحتاج الانسانية الى مزيد من الحقائق بقدر ما تحتاج الى عقل كبير نافذ يستطيع أن يضى على المعلومات المتجمعة معانى ذكية . مثل هذا التركيب يمثل العقل العلمى ، وهو يحقق أرقى الانتصارات . ولا تقل قيمة المكتشف لأنه لم يضع سوى القطعة الاخيرة فى حل اللغز الذى اُشترك فيه كثيرون غيره ، فان نجاحه فى القيام بهذه المهمة انما يعنى قدرته على الإلمام بمدى شاسع من الحقائق المتباينة .

وعلىنا أن ندرك أن دارون جاء فى وقت مناسب . والواقع أن النظرية التى أطلق عليها اسم الانتقاء الطبيعى كانت تحوم فى الجو وتطلب من يخرجها الى الحياة ، ولا أدل على ذلك من أن رجلا آخر اسمه ألفريد راسل والاس توصل الى النظرية الدارونية قبل أن ينشرها دارون ودون وجود شبه علاقة بينهما . ولقد أشار دارون ذاته فى حديثه عن تاريخ حياته الى أن « عددا لا يحصى من الحقائق المشاهدة كان مختزنا فى أذهان علماء الحياة وعلى استعداد لأن يحتل مكانه الحق بمجرد ظهور نظرية تستطيع أن تفسر كافة هذه الحقائق » .

ومن ثم ، فإن دارون بدأ رحلته وذهنه متفتح لرؤية ملائقة وكلة فضول وإدراك ، متأهب لرؤية التفاصيل مهما

كانت صغيرة • وبينما هو يبحر الى انجنوب متتبعا شواطئ أمريكا الجنوبية اذا هو يلاحظ الأخطبوط وهو يغير لونه في المياه ، ثم اذا هو يلاحظ عظاما ضخمة في السهول الجافة ويفكر جاهدا في ايجاد علاقة بين هذه العظام والحيوانات التي تحيا في الوقت الحاضر • اما مواطنو هذه البقاع فيؤكدون ان هذه العظام الحفرية كبرت بعد موت الكائنات ، ومن بعض الأنهار لديها المقدرة على «تحويل العظام الصغيرة الى عظام ضخمة » • والناس يحبون في كل مكان ولكنهم يندعون نتيجة رغبتهم في العثور على تفسير ميسور ، اما دارون فكان يعمل وفي ذهنه احلام واحلام • انه يقضى الايام تلو الايام راكبا أو صاعدا او مخترقا السهول التي تعج بالهنود معرضا حياته للخطر في كل لحظة • وهو يسأل المواطنين هل ازداد عدد اللصوص فيتلقي الاجابة الرمزية : « ان الموسج لم يكبر بعد » • ذلك أن الموسج عندما ينمو يصل الى ارتفاع الحصان ويمكن أن يحتمى فيه اللصوص • ويدون دارون هذه الحقيقة ، ثم ينطلق • ان الموسج يغطي السهول ، وتتغير طبيعة النباتات النامية تحت تأثير تدخل الانسان • والكلاب تنبح في الآجام ، والقط البرى صار أكبر حجما وأكثر توحشا • في كل مكان يبدو الصراع والتفري والطفرات • ويحملق دارون في وجه أفعى مجلجلة ويلاحظ شيئا غريبا ذا مدلول هام • يبدو لي أن كل خصيصة من الخصائص ، حتى ولو كانت مستقلة عن تركيب الكائن لحد ما • • • تميل الى أن تمنى تغيرات بطيئة » •

وهو يهتم كثيرا بالحيوانات الغريبة التي تعيش تحت ظل ظروف قاسية • وهو يرى ضفدعة صغيرة ذات بطن

قرمزي ، ويسمى الضفدعة « الشيطانية » لأنه يتصور أن هذه الضفدعة ، التي تحيا فوق الكشبان الرملية تحت الشمس الحارقة ، ولا تستطيع السباحة مثل مثيلاتها ، « هي التي همست في أذن حواء لتخرج آدم من الجنة » . من الضفادع الى الجنادب ، ومن الحصى الى الجبال . . لم تكن عيناه تتركان شيئا . وكان ينظر الى تفتت الصخور وهبوط الصخور والجلاميد من عل والشقوق والنتوءات في جبال الانديز والزلازل ويوقن ان الأرض تعتمل فيها عوامل الحركة والتغير .

ولم يلبث القبطان فيتزدوي أن عاد الى السفر ناشرًا قلاعه ، قاصدا جزر الجالاياجوس التي تقع على خط الاستواء وعلى مسيرة ستمائة ميل من الشاطئ الغربي لأمريكا الجنوبية . وكانت هذه الجزر في وقت ما موئلا للقراصنة ، وهي مليئة بالبراكين التي خمدت نيرانها . وينظر دارون الى هذه البراكين فيتذكر مصاهر الحديد الهائلة التي تحيط بها أكوام من المواد . « انها عالم صغير قائم بذاته به كائنات لا توجد في مكان آخر » فهناك السلاحف المدرعة الماردة التي تحيا على الصبار . والطيور في هذه الجنة الصغيرة لا تخاف الانسان : « في يوم من الأيام هبط طائر على حافة أنية أمسكها في يده وبدأ يشرب بكل هدوء ، وظل قابعا في مكانه وأنا أرفع الأنية الى أعلى . وهناك عطايا بحرية كبيرة يصل طول الواحدة منها الى ثلاث أقدام ، تستلقي على الشاطئ وتاكل الأعشاب البحرية . وتزحف « شياطين الظلام » هذه أمام عيني دارون ، بلونها الأسود فوق الصخور » ، فيملق قائلا : « ليس ثمة مكان آخر في

العالم تحيا فيه هذه الثدييات العشبية بهذه الطريقة
الغريبة .»

وبالتدريج ، ادرك داروين ان الصدفة اوجدته في
اجمل معمل من معامل التطور فوق سطح الارض . كانت
جزر الجالاباجوس غنية بالتغيرات ، فكل جزيرة تختلف عن
الجزيرة الاخرى ، فى العظايا الكبيرة وفى النباتات وخاصة
فى الطيور ذات المناقير المتباينة . ولقد نفت مكان هذه
الجزر - وخاصة لوسون نائب المحافظ - نظير داروين الى هذه
التغيرات الغريبة . ولكن داروين ، كما قال فيما بعد بتواضع
داروينى تام : « لم أهتم اهتماما كافيا بهذه العبارات فى
ذلك الوقت » . هل كانت زيارة داروين لجزر الجالاباجوس
هى الحدث الوحيد الذى أدى به الى وضع مفهومه الأساسى
عن ميكانيكية التطور ، والتغيرات الوراثية فى الكائن التى
ترتبط بعوامل الانتقاء الخارجية التى قد تؤدى الى تباين
الحيوانات والنباتات التى تفصل بينها بضعة أميال وتحيا
تحت ظل نفس الظروف من الطقس ؟ الواقع أن داروين ذاته
لم يوضح هذه النقطة بشكل كاف . ولعل داروين ، شأنه شأن
كثير من العظماء ، لم يعد يتذكر بالتفصيل متى تفجر كشفه
العظيم ، ومتى بدأ رحلته الذهنية التى تضاهى رحلته فى
البحار السبعة . ولعله لم تكن هناك بداية محددة لهذا الكشف
العظيم ، انما كان هناك ادراك ينمو بالتدريج ويتسع على
مر الأيام مع انحسار الضباب وتكسر الستر ووضوح
الرؤية .

ان الطرق الى العظمة مليئة بالمفارقات والتباين . قد تكون الفضائل سبيلا لها ، وقد تكون نقط الضعف كذلك . والواقع ان دارون وصل الى مخائنه العظيمه عن طريق الجمع بين الاثنين ، اذ جمع المواد والحقائق وهو يجرى خلف المعركة وكله شجاعة وعزم ، بل ان الامر استدعى ان يقوم برحلة طويلة حول العالم ؛ ولكنه كتب عمله العظيم والمرض والوحدة يخيمن عليه . عندما عاد دارون الى انجلترا بعد رحلته على ظهر « البيجل » ، كان رجلا مريضا ، وظل كذلك حتى نهاية حياته . ونحن نعلم اليوم ان مرضه كان نفسيا لحد ما وان التوتر العصبي هو الذى كان يؤدى به الى الصداق والارق . وبعد رجوعه من رحلته بوقت قصير تزوج دارون من ابنة عمه اما ودجود حفيدة مؤسس صنایعه الخزف الضخمة . ولم يلبث ان انزل مع أسرته فى قرية صغيرة فى كنت . وكان يتجنب الاسفار كما يتجنب المرء الطاعون ، اللهم الا رحلات قصيرة يقصد بها الاستشفاء حيث توجد المياه الطبيعية . وكانت هذه العزلة مصدر قوته وحمايته . وكانت مخاوفه وشكوكه هى التى دفعت به الى تنظيم هذا العدد الضخم من الحقائق التى عثر عليها والى تدعيم نظريته عن التطور بأسانيد لم تقدم من قبل بمثل هذه الوفرة والقوة .

ولنفحص الآن كيف تمكن دارون من وضع نظريته العظيمة . أما طبيعة ملاحظاته فهى ، كما ذكرنا ، مناقير الطيور وادراك التغيرات التى تعانها الكائنات ، وما الى ذلك . غير أن ادراك حدوث التطور أسهل بكثير من وضع ميكانيكية لكيفية حدوث ذلك التطور . ولقد ظل دارون لفترة طويلة ،

عاجزا أمام هذه المشكلة ، فهو لم يكتف بمجرد الإشارة العابرة إلى أثر البيئة أو الى توارث الصفات المكتسبة .
واخيرا ، استنتج انه مادامت التغيرات فى صفات الكائن توجد بين أفراد النوع الواحد ، فلا بد أن تكون عملية الانتقاء لبعض هؤلاء الافراد مع اندثار البعض الآخر ، هى المفتاح الرئيسى للتغيرات العضوية .

ولقد راودته هذه الفكرة عندما فكر فى أهمية انتقاء السلالات بهدف تحسين النباتات والحيوانات المستأنسة .
ولكنه كان يتساءل عن تلك القوة الانتقائية التى تعمل فى الطبيعة البرية . وفى عام ١٨٣٨ قرأ دارون بالصدفة كروماتس مالتس ولمح حل المشكلة فى ذهنه . كان مالتس قد قام بدراسة عام ١٧٩٨ خلص منها الى أن تعداد السكان يتزايد بسرعة أكبر من تزايد الغذاء ، الأمر الذى يؤدى الى حدوث صراع من أجل البقاء .

طبق دارون هذه القاعدة فى عالم الحياة العصرية بشكل عام ، وقال ان الصراع من أجل البقاء ، تحت ظل البيئة المتغيرة ، هو الذى يؤدى الى ظهور التغيرات فى تركيب الكائنات . وبعبارة أخرى ، تعاني الكائنات الحية تغيرات صدفية ، ويعمل الصراع من أجل الحياة دوره فى حفظ التغيرات المفيدة وتأكيدا عن طريق الوراثة . أما الأفراد الضعفاء غير المتلائمين فيقضى عليهم ، وأما الأفراد الذين يتمتعون بصفات وراثية طيبة ، « فينتقون » لينحدر منهم الجيل التالى . ولما كانت الحياة لم تتوقف عن التغير ، وكذلك الطقس أو الجيولوجيا ، فان التطور عملية دائمة الحدوث .

ليس ثمة حيوان أو عضو في حالة توازن تام مع البيئة المحيطة به .

هذه هي الفكرة الرئيسية في الدارونية في كنفمة مختصرة . أن الحقائق التي كانت معروفة قبل دارون مثل التغير ، ووراثة التغيرات التي تطرأ على الكائن ، وانتقاء النباتات والحيوانات المستأنسة للحصول على سلالات جديدة ، والصراع من أجل الحياة . . . بكل هذه الحقائق التي كانت متأثرة ، تجمعت فجأة واحتلت بكل مكانها في إطار الدارونية .

وعلى حين كان دارون يطور نظريته ويرتب الحقائق التي توصل اليها ، أثر أن يحتفظ بسر كشفه العظيم بين جوانحه وعاش في عزلة تامة . . . لقد ظل ٢٢ عاما بعد رجوعه من رحلته على ظهر « البيجل » يعمل دون أن ينشر كلمة واحدة ، اللهم الا يوميات رحلته (التي صان عنوانها فيما بعد « رحلة عالم حياة حول العالم ») وبعض الرسومات الفنية لما شاهده .

غير أنه يجب علينا ألا نخطيء فهم عزلة دارون ومرضه ، فقد كان دمث الخلق ومحبا للناس ، وبالرغم من أن الزيارات كانت تؤدي الى ازدياد حالته سوءا ، الا أنه مع ذلك لم يكن يعزف عنها ، كما هو منتظر في مثل هذه الحالة ، وان كانت تكلفه ليالي طويلة لا يطرق النوم فيها جفنيه . وكان ذهنه المتوثب يعمل طوال هذه الليالي بدرجة كبيرة من التركيز العميق ، وكثيرا ما كان يسير وحيدا في الليل البهيم ، ويظل

هائما يفكر حتى يقابل الشالب في الفجر وهي تجري الى مخايئها .

وحى يوم من الايام سال احد الزوار البستاني الذي يعمل فى حديقة دارون عن صحة سيده ، فاجاب الرجل : « يا لتعاسته ، انه يقف محملا فى زهرة صمراء دواق متتابة . ولعل ضحته تتحسن لو انه يوجد شيئا افضل يقوم به » . والواقع ان طبيعة عمل دارون كانت تثير اعجب هيمن حوله من الناس . كان خفا يقف فترة طويلة يحملق فى هذا الشيء او ذاك كما قال البستاني . انه برع فى ذلك النوع من السحر . وعندما كان يزور جزيرة وايت طفق يراقب بتور العوسج وهي تنهادر مع الرياح ثم خرج بنظرياته عن انتشار النباتات . وكثيرا ما كان يقوم بأنواع من النشاط لا بد ان زوجته الطيبة لجأهت من اجل اخفاها عن الجيران . قفى يوم من الايام ارسل له أحد اصداقائه نصف أوقية من براز الجراد فى افريقيا ، وكان فرخ دارون عظيم عندما تمكن من الحصول على سبعة نباتات من هذه العينة . وعندما تحدث دارون مع ليل بخصوص هذه التجربة قال له : « ليس ثمة مجال للنظا ، فقد استخرجت البذور من وسط كرات للبراز وشرحتها » . وان دارون لم يكن يجد حرجا فى البحث عن بذور النباتات فى الجهاز الهضمى للجراد النطاط ، او فى أى مكان أسوأ من ذلك ، لكى يفهم طريقة انتقال البذور من مكان الى آخر . ويتحدث ابنه الكبير عن تجارب أبيه فى لهجة طريفة فيقول : « أعتقد أنه كان يرى فى كل بذرة شيطانا صغيرا يحاول أن يضلله بأن يقفز من هنا الى هناك

مختفيا في هذه الكومة أو تلك ، الشيء الذي جعل ذلك العمل أشبه ما يكون بلعبة مثيرة » .

أما الهدف من وراء هذه اللعبة فكان دارون يحتفظ به لنفسه منتظرا يوما بعد يوم حتى يصل اليه . كان يجمع أكواما من الحقائق ويعلم بأنه سيقدم نظريته المتكاملة عن التطور في سفر ضخيم ، ضخيم لدرجة استحالة قراءته بعد تمام طبعه . وفي نفس الوقت كتب روبرت تشامبرز ، أحد باعة الكتب ورجال الصحافة ، كتب ونشر طبعة معدلة من نظرية لامارك عن التطور تحت عنوان « آثار عن التاريخ الطبيعي للخلق » . وبالرغم من أن الكتاب كان يعكس طابع الهواية إلى حد ما ، فإن النقاد سارعوا إلى الهجوم عليه بشكل عنيف ، ومن بينهم توماس هكسلي ، وصانف انتشارا كبيرا بين القراء ، وصدرت له طبعات مختلفة في انجلترا وأمريكا ، الأمر الذي أثبت أن الرأي العام مهتم « بنظرية التقدم » كما كانت نظرية التطور تسمى آنذاك ، أكثر مما تصور نقاد دارون .

وظل دارون طوال هذه الفترة صامتا صمت القبور . وقدم مؤرخوه كثيرا من التفسيرات لذلك الصمت . قال البعض انه كان مشغولا بتجميع حقائقه ، وقال البعض الآخر انه لم يرغب في مضايقة فيتزروي ، أو أن الهجوم على كتاب « الآثار » قد أفرجه ، أو أنه رأى من الأصوب ألا يكتب في مثل هذا الموضوع الشائك إلا بعد أن ينتشر صيته كعالم من الصف الأول . ولعل السبب الأساسي كان يكمن في شخصيته ، إذ كان بطبعه أميل إلى تجنب الباصفة التي لا بد

تشارلز داروين .

وأن تهب بمجرد نشر آرائه . كان يطيب له أن يؤجل ذلك الحدث وأن يجتر آراءه مع بعض رفقاءه المختارين من أمثال ليل وعالم النبات العظيم جوزيف هوكر .

كانت أسرة داروين ميسورة الحال منذ حياة جده ارازماس ، وكان تشارلز فى وضع يسمح له بتكريس كل جهوده فى البحث ولم يكن فى حاجة الى العجلة فى نشر نتائج بحوثه .

وفى ربيع عام ١٨٥٦ ، حذره ليل من هذا التباطؤ وقال له : « من الأفضل أن تنشر ما وصلت اليه ، والا سبقتك اليه غيرك » . ووعدته داروين بأن يسرع فى النشر ، غير أنه تباطأ مرة أخرى . ونحن نعلم أنه طلب من زوجته ان تتولى نشر بحوثه فى حالة وفاته ، وكأنه لم يكن يستطيع ان يتحمل الشهرة فى أثناء حياته ، سواء كانت شهرة طيبة أو سيئة . وعلى أية حال ، فقد ظل داروين يؤجل نشر آرائه ، ولعل هذا التأجيل كان سيستمر حتى نهاية حياته لولا أن تحقق تحذير ليل فجأة فحطم الحلم الجميل .

كان هناك عالم طبيعى شاب أقل شهرة من داروين يقوم برحلة فى اندونيسيا يجمع فيها ما يصادفه من أشكال الحياة ، ومكنته بصيرته النفاذة من أن يصل الى ذلك السر العظيم الذى احتضنه داروين خلال تلك الفترة الطويلة . . . ذلك هو ألفريد راسل والاس . وضع والاس الحقيقة الى جوار الحقيقة ، وتوصل الى مفهوم واضح عن كيفية حدوث التطور . وأبى القدر الساخر الا أن يختار والاس داروين

بالبذات ليعث اليه ، فى يونيو من عام ١٨٥٨ ، ما كتبه عن نظرية التطور لكى ينقده ، وكأنه أحس أن دارون اقدر من يستطيع القيام بهذه المهمة .

وفوجيء العالم الكبير مفاجأة ضخمة . ان هذه الجهود التى كان يفرغ لها أقدس مكان من قلبه ، وذلك العلم الذى كرس له أكثر من عشرين عاما ، كل ذلك لم يعد سرا من أسراره . ان هناك طارقا جديدا يريد أن يحتل مكان الصدارة قبله . وجد دارون نفسه فى موقف حرج ، وكانت فكرته الأولى ، النابعة من خلقه القويم أن ينسحب تماما من الميدان ويتترك المجد كله لوالاس . وأصر على قوله : « اننى أفضل أن أحرق كتابى بأكمله ، ولا أن يفكر اتمان أننى قد تصرفت تصرفا خسيسا » . ومن حسن الحظ أن دارون لجأ الى صديقته ليل وهو فكر لاستشارتهما قبل أن يقدم على تنفيذ رأيه . وكان العالمان على دراية بجهود دارون خلال الستين الطويلة الماضية ، وأقنعا بأن يقدم ملخصا لأرائه ، منع رسالة والاس ، الى جمعية لينياس . وهكذا أعلنت نظرية كل من الرجلين دارون والاس فى وقت واحد .

★★★

- وعندما اجتمعت الجمعية لم يدر كثير من المجدل حول الرسائلتين ، وان سرت موجة هادئة من التحمس . وبالرغم من الألم الذى اعتصر قلب دارون نتيجة لوفاة ابنه تشارلز ، واصل جهوده لتفسير آرائه بشكل أعمق فى كتاب متكامل . ومن الطريف أن دارون أعطى لهذا الكتاب عنوانا هو « ملخص لبحث عن أصل الأنواع » مضرا على أنه مجرد مقدمة

لكتاب أكبر كثيرا . كانت أكوام الحقائق التى عثر عليها
تعمل فى ذهنه ، وكان الحماس لكل هذه الحقائق يملؤه
ويفيض عليه ، وأثر ألا يضع كل آماله فى هذا الكتاب الذى
أسرع بكتابته ، وكان يشير دائما الى الكتاب « الحقيقى »
الذى سيوضح كل ما نقصه الوضوح .

والواقع أن مخاوف داروين كانت مجرد أوهام ، فما ان
صدر كتاب « أصل الأنواع » (وهو العنوان الذى اختاره
الناشر الذكى) ، فى نهاية عام ١٨٥٩ ، حتى نفدت الطبعة
الأولى فى يوم واحد . ان هذا الكتاب الذى قدمه داروين على
استحياء سرعان ما اعترف به كأحد الأعمال العظيمة التى
أنتجتها البشرية . ولم يمض وقت طويل حتى تنهد داروين
بسعادة وبدأ ينسى ذلك السفر الضخم المثلث الذى كان يتصور
وجوب كتابته لاقتناع الرأى العام بأرائه . والواقع أن الرأى
العام ، بل والعلماء ، وجدوا أن كتاب « أصل الأنواع »
على قدر كبير من الدسامة . وهكذا لم يكن ثمة داع
لكتابة ذلك السفر الذى يعلو على كل الأسفار . وفى نهاية
الأمر اتفق العلماء فى العالم مع رأى هكسلى الذى قال بمجرد
قراءته لكتاب داروين : « كم نحن أغبياء لأننا لم نفكر فى
ذلك من قبل ! » . وهذا ما يحدث كثيرا فى العلم . . . يأتى
العالم الخلاق فيجمع حقائق ليست جديدة فى فكرة خلاقة
جديدة ، وتبدو أمام الناس أضواء جديدة تنير لهم العالم
فتتغير نظرتهم اليه .

ولم يحدث من قبل أن صادف مفهوم فلسفى عظيم ذلك
الطالع الحسن الذى صادفته الدارونية ، ذلك أنه بالرغم من

أن الناس اعتادوا إبراز الزوبعة التي ثارت بين رجال الدين ورجال العلم بمجرد صدور الكتاب - تلك الزوبعة التي يوجزونها في ذلك الجدل الذي دار في أكسفورد بين القس ويلبرفورس وتوماس هكسلي - نقول انه بالرغم من ذلك كان الواقع أن الدارونية وجدت قبولا حسنا لدى العلماء وأغلب الرأى العام . كان الطريق ممهدا نتيجة جهود ليل المتواصلة وشعبية كتاب تشامبرز « الآثار » . وزيادة على ذلك ، فإن دارون كسب الى جانبه هوكر العظيم وهكسلي وهما أكبر مجادلين علميين . أما ليل ، وهو أكثر حذرا ، فقد عاون في نشر آراء دارون ولم يهاجمه على الاطلاق . وكذلك وقفت آساجراي ، وهي عالمة أمريكية بارزة في علم النبات ، الى جوار دارون تدافع عنه . ومن الجميل أن نذكر أن والاس ، بقلبه الكبير ، هو الذي عبر عن نظرية دارون بالدارونية وقال ، ان الدور الذي لعبه في صياغة هذه النظرية لا يتعدى « أسبوعا واحدا من عشرين عاما » .

وقفت هذه المجموعة القوية تدافع عن دارون أمام الرأى العام على حين ظل هو بعيدا عن المعركة . ومن ضيعته المنعزلة كان يجيب على الخطابات وكان يستمع الى تلك الزوبعة التي تبدو في الأفق . وبالرغم من أنه كان يقدر بعمق جهود صحبه في الدفاع عنه ، الا أنه أسر يوما الى هوكر أنه « يعجب كيف يستطيع المرء أن يجادل هكذا أمام الرأى العام كما لو كان خطيبا » . وكتب اليه أحد علماء النبات المشهورين ، هيويت واتسون ، بعد فترة وجيزة من ظهور كتاب « أصل الأنواع » ، رسالة جاء فيها : « لا شك أن فكرتك الرئيسية سيُعترف بها كحقيقة من الحقائق العلمية » .

ان فكرة « الانتقاء الطبيعي » تتميز بكل ما تتميز به الحقائق الطبيعية العظيمة ، فهي توضح ما كان غامضاً ، وتبسط ما كان معقداً وتضيف الشيء الكثير الى معلوماتنا السابقة . انك أعظم ثائر فى التاريخ الطبيعى خلال هذا العصر ، ان لم يكن خلال كل العصور » .

وكانما كانت كلمات واتسون الهاما عميقا ، فنحن نقبلها اليوم كما هى دون أى تغيير . وما أن انقضت سنوات عشر منذ نشر « أصل الأنواع » ، حتى ذاعت شهرة دارون فى جميع بلدان العالم ، وصارت نظرية التطور بمثابة النجم الهادئ لكافة الدراسات فى علم الحياة .

ونحن إذا أردنا أن نلخص ما حققه كتاب دارون ، فاننا نقول انه أثبت حقيقة التغير التطورى بشكل لا يحتمل الجدل ، هذا الى جانب أنه أوضح أن قاعدة الانتقاء الطبيعى يمكن تطبيقها على نطاق واسع ان لم يكن على نطاق عام . ان فكرة الانتقاء الطبيعى قضت على البلبلة التى زحفت الى علم الحياة نتيجة دخول فكرة الخلق المستقل للأنواع . ان الشاب الذى لاحظ باهتمام عام ١٨٣٢ « أن هناك ثلاثة أنواع من الطيور تستخدم أجنتها فيما هو أكثر من الطيران؛ فالبطة تستخدم أجنتها كمجدافين ، والبطريق يستخدمهما كزعانف والنماعة تستخدمهما كشراع » ؛ ان هذا الشاب قد عثر على الاجابة السليمة للمشكلة فى عبارة « التعديلات التى تطرأ فى أثناء الانحدار » . ويقول دارون فى هذا الصدد : « ان المرء ما ان يمتدح بحدوث تعديلات فى الكائنات، حتى يجد نفسه مضطرا الى أن يستمر فى سلسلة التطور دون

أن يستطيع التوقف » - خطوة اثر خطوة يجد المرء نفسه مضطرا الى أن ينحدر في سلم الحياة حتى يصل الى أكثر أشكال الحياة بدائية . وكذلك خطوة اثر خطوة يرتفع المرء في سلم التطور من سمك الرذغة الى الزواحف الى الثدييات حتى يصل الى الانسان .

★★★

وعندما كتب دارون « أصل الأنواع » كان حذرا فتجنب الإشارة الى الانسان ، وبعد اثني عشر عاما كانت نظرية التطور قد صارت عميقة الجذور فنشر دراسة عن تطور الانسان عنوانها « انحدار الانسان » . وكان هكسلي قد سبقه في هذا الميدان بنشر كتابه « دلائل عن وضع الانسان في الطبيعة » (١٨٦٣) . وبالرغم من أن كتاب هكسلي كان مختصرا إلا أنه كان رائعا في وضوحه وتناوله الأمور بشكل مباشر . وعلى العكس من ذلك كان كتاب دارون غير متمسك وزاخرا بالتفاصيل ، بل أنه كان متناقضا في بعض أماكنه ، كما لو كان المؤلف وضع مذكراته الواحدة الى جانب الأخرى دون أن يقرأ الأصول مجتمعة ويخرج منها كلا متماسكا .

واحدى نقائص ذلك الكتاب أن دارون عجز عن التمييز الواضح بين الوراثة البيولوجية والتأثير الحضارى على سلوك الانسان وتطوره . ومن الواضح أن دارون شارك علماء الحياة في عصره ذلك الغلط ، فقد كان علم الانسان مازال وليدا . ولقد أوضح كتاب دارون بطريقة عامة وجود علاقة بين الانسان والرئيسيات ، وان ترك هذه العلاقة يعتمدها

الغموض • وعلينا أن نتذكر ، على أية حال ، أنه لم تكن قد كشفت بعد أية حقائق للانسان الاول • وكان على دارس التطور اذ ذاك أن يقتصر ، الى حد كبير ، على المقارنات الشكلية بين الانسان الخالى من جهة والقردة العليا من الجهة الأخرى • ومن هنا كثرت التكهّنات المتعلقة بحدود الانسان الاولى • ولم يكن من العجيب أن يتصورهم البعض كحيوانات أشبه ما تكون بغوريلا ذات قواطع هائلة ، ولم يكن من العجيب كذلك أن يتذبذب داروين بين هذه التصورات وبين آراء أخرى أقرب الى المعقول •

وعلى المؤرخ النزيه أن يسجل أن داروين لم يكن فى قمته عندما عالج الانسان ويقول أحد نقاد القرن التاسع عشر فى هذا الصدد : « كانت دنيا داروين مليئة بالحشرات والحمام والقردة والنباتات الغريبة ، أما الانسان فلم يكن له مكان فيها » • واذا سمعنا لأنفسنا أن نتغالى بعض الشيء مع ذلك الناقد ، فاننا نرجح أن داروين كان يجد فى كتابة كتاب عن دودة الأرض متعة تفوق متعته حين يتأمل فى ذلك الكائن العنيد الذى يستطيع الرد على الحجة بمثلها ، وخاصة اذا كانت الحجة لا تقوم على قديمها • وعلى أية حال ، فما كان لرجل يشكو من الأرق وآلام المعدة أن يتصدى لدراسة نوعه • ومن الأفضل ، على الأقل ، أن ينتظر حتى يتحجر الانسان ويصبح جزءا من الطبقات الجيولوجية •

وكان داروين يعرف ذلك ، وترك لندن لى يعمل فى سلام بعيدا عن الضجة • وعندما كان يعالج النباتات المتسلقة ، أو نباتات الأوركيد المعقدة ، أو ورد الشمس الذى

يفتنص الحيوانات ، لم يكن يلقي هجوما من الميتافيزيقيين ، ولم يكن يجابه عبارات تلقى في وجهه عن الأخلاق أو الدين . ولم يكن دارون بطبيعة الحال يرغب في استبعاد الانسان عن النظام التطورى الذى وضعه ، ولكنه كان يكتفى بوضع الانسان كمجرد جزء من تلك الكلمة الواسعة المتعددة الاشكال وهى « الحياة » . وكان يترك للفلاسفة علاج الجوانب الاخرى للانسان . وشكا يوما الى أحد اصدقائه قائلا : « كثيرا ما حققت على الطريقة التى يتحدث بها الناس (ومنهم ليل) عن ذلك الكائن الذى يسمى الانسان ، انهم يتحدثون عنه كما لو كان يحتل في مسرح الحياة مكانة أهم ، من الناحية الجيولوجية ، من بقية الحيوانات الثديية » .

وان شهرة دارون باعتباره واضع نظرية التطور ، تخفى حقيقة لا شك فيها وهى أنه كان من اعلم العنماء الطبيعيين فى عصره ، بل وفى كل العصور . كان يتمتع بقدرة رائعة على رؤية المشاكل العميقة فى أبسط الأشياء ، وأفضل مثل على ذلك تلك الدراسة التى قام بها عن حركة النباتات ونشرها قبل أن يموت بعامين . لقد قام بعدد من التجارب المبسطة ذات الأهمية الكبيرة فى علم النبات التجريبي ، وذلك على النباتات اللفافة التى لم تكن قد درست بشكل كاف . ولعل السبب فى نجاح دارون هو المقارنات المستمرة التى كان يجريها بين النبات والحيوان . وهناك قصة طريفة تروى لتبين كيف كان دارون أقوى ملاحظة من معاصريه . كان دارون يشرح لهكسلى وزميل آخر كيف يقوم نبات « الدروسيرا » ، أو ورد الشمس ، بالامساك بالحشرات باستخدام شعيراته اللزجة . وكان الزائران يستمعان الى

دارون كما لو كان قد أصابه « مس » . وفجأة صرخ هكسلي وكله عجب : « انظروا - - ان النبات يتحرك فعلا » .

★★★

وعندما يحيط المرء بذلك الطريق الطويل الذى سلكه دارون لكى يصل الى كشفه العظيم ، يعجب للدور الكبير الذى لعبته الجزر المحيطية فى هذا الكشف . وكثير من الناس يهملون ذلك الدور لحد كبير . ويعتقد البعض أن كلمة « التطور » تعنى شيئا حدث فى الماضى ، شيئا يرتبط بالقردة المتحجرة وألديناصورات ، شيئا نعثر عليه فى الصخور والجبال المتحاتة ، شيئا يكمن فى تاريخ عالم من صنع صائد العظام ؛ أى عالم الحفائر . وما يدعو الى العجب ان عالم الحفائر هذا هو الذى وقف متحديا دارون والنظرة التطورية . ولم يكن علم الحفريات متقدما كما هو اليوم ، ولذلك فقد كان السجل الجيولوجى مليئا بالثغرات . وكان نقاد دارون يصرخون فى وجهه قائلين : « أين هى هذه الحلقات ؟ أين حلقاتك المزعومة بين القرد والانسان . بين الحوت وحيوانك الأرضى المفقود ؟ أرنا هذه الحفريات وبرهن على ما تقول » . وكان دارون يجيب عليهم قائلا : « هذا هو أوضح وأخطر اعتراض يوجه الى نظريتي ، غير أننى اعتقد ان التفسير يكمن فى الثغرات الكبيرة الموجودة فى السجل الجيولوجى » . وكان لابد من العثور على دليل اتصال الحياة فى مكان آخر غير السجل الجيولوجى . ولعبت الجزر المحيطية دورا مهما فى هذا السبيل .

وكان المفروض ، قبل دارون ، أن النباتات والحيوانات الموجودة على هذه الجزر تعتبر دليلا على اتصال قديم بين هذه

الجزر وبين القارة القريبة . غير أن دارون لاحظ عددا من الأمور ، لاحظ أن هذه الجزر تملأ من رتب بأكملها من الحياة الموجودة على القارة ، كما لاحظ أن بعض النباتات العشبية على القارة قد نمت إلى أشجار خشبية على هذه الجزر ، ولاحظ أخيرا أن الحيوانات الموجودة على الجزر تختلف عن مثيلاتها الموجودة على القارة .

وكان الشيء الذي لفت نظره وحيره أكثر من أى شيء آخر هو ذلك التباين الموجود فى مناقير الشراشير الموجودة فوق هذه الجزر . رأى لهذه الشراشير مناقير بيغائية وأخرى مقوسة وأخرى مستقيمة وغيرها صغيرة ، مناقير تصلح لأغراض متباينة . ولم يكن ذلك التباين فى المناشير يلاحظ فى مكان إلا على هذه الجزر ، ولا بد أنها تكونت هناك . وكان تعليق دارون على ذلك : « بوسع المرء أن يتخيل أنه من ضمن الطيور الأولى التى كانت موجودة على الجزر ، أخذ نوع من الأنواع يعانى تعديلات كثيرة كل منها يهدف إلى غرض بعينه » . تحولت هذه الطيور ، خلال المعركة القائمة من أجل البقاء فوق الجزر الصغيرة ، إلى أشكال متباينة تستطيع أن تحصل على غذائها وتحيا تحت ظل ظروف بيئية محلية خاصة . ولقد قال عالم الطيور دافيد لوك فى هذا الصدد : « إن شراشير دارون تكون عالما صغيرا خاصا بها ، ولكنه يعكس بوضوح خصائص العالم الكبير » .

ولا جدال فى أن إدراك دارون للمدلولات الموجودة فى ذلك العالم الصغير ، حيث القوى التى تعمل لإخلاق كائنات جديدة تبدو واضحة للعيان ، كان شيئا ضروريا للوصول

دارون الى كشفه المتعلق بأصل الأنواع . ان الأنواع المتداخلة المتشابهة من الحياة فوق سطح القارة تختزل لحد كبير في الجزر فيستطيع المرء أن يلاحظ بشكل أنجح العوامل المؤثرة . ولقد أكد دارون مرارا وتكرارا الدور الذي لعبته هذه الجزر في صياغة تفكيره . وذكر لصديقه ليل في يوم من الأيام أنه ما من شيء يساعد التاريخ الطبيعي قدر « التجميع » بمعنى . ودراسة كل أشكال الحياة التي نجحت فوق أكثر الجزر المنعزلة . . ان كل قوقعة هناك ، وكل نبات له أهمية قصوى » .

ان دارون ولد في وقت مناسب تماما للرحلات العلمية العظيمة ، فلو أنه جاء قبل ذلك لاستحال عليه أن يقرأ ما تدلى به هذه الجزر من أسرار ، ولو أنه تأخر عن ذلك لوجد أن هذه الأسرار بدأت في التلاشي والاختفاء . واليوم يتلاشى سكان هذه العوالم الصغيرة ، ودون أن يتعمق الانسان في دراستها في كثير من الأحيان . ان الانسان قطع على هذه الكائنات وحدتها وحمل معه القطط والجرذان والماعز والخننازير والحشرات والأعشاب من القارات . وأمام هذه الضيوف الأكثر تحملا والأكثر عنفا والأكثر عدوانا ، تلاشت الحيوانات والنباتات الغريبة والجميلة التي كانت تقطن هذه الجزر المنعزلة دون أن تترك أثرا . فالسلاحف الهائلة التي كانت في جزر الجالاباجوس اندثرت تقريبا ، كما اندثرت السحالي التي كان دارون يلعب بها . وكادت بعض الشراشير الصغيرة الغريبة والنباتات النادرة هناك ان

تختفى • وفي جزيرة مدغشقر بدأت الليمورات ، أقرباؤنا البعاد ، التي انبثقت منها أشكال غريبة كثيرة ، بدأت في الاندثار نتيجة للقضاء على الغابات • وحتى في استراليا لعب الانسان دورا كبيرا في افناء بعض الحيوانات الأصلية هناك • إن عوالم روينسن كروزو ، حيث تحيا الكائنات في تكامل ودون خوف من الانسان ، اندثرت نهائيا • وحيثما كانت تغرد العصفاف والطيور صارت النفايات تزار وتهدر ، وحيثما كانت تختفى الحيوانات المختلفة كمنبت الطائرات وقاذفات القنابل • كم كان دارون يتولاه العجب لو رأى تلك الأماكن بشكلها الحالي !

أما عن أفكار دارون في الساعات الأخيرة من حياته قبل أن يتوفى عام ١٨٨٢ ، وهو يصارع قلبه الضعيف ، فنحن لا نعرف الكثير • ولا يسع المرء ألا أن يتساءل عن الصور التي كانت تبرز أمام عيني الرجل الذي لم يؤمن بالجنة وهو يودع ذلك العالم ، هل كان يرى مرتفعات جرز الجالاياجوس السوداء التي وصفها فيتزروى بأنها « أنسب مكان لجمع الشياطين » • وما من شخص سرى هذه الأماكن كما رآها دارون : أراضى تحرقها انشمس الاستوائية القاسية وفوقها تعج الزواحف السوداء التي خلقت منذ القدم ثم فقدت • وفي يوم من الأيام صرخ دارون وكله انفعال وقال : « يا لهذا الكتاب الذي خطته يد شيطان ، كم هو مليء بالأراضى الجرداء المنخفضة القاسية الكئيبة ! » ولم يتحدث دارون أو يكتب بهذه الطريقة مرة أخرى • كان ذهنه أميل الى أن يتذكر هذه الأماكن وحلائر الفيردوسي يبرشف الماء من

أنا بين يديه • وعندما حانت نهايته قال هذه الكلمات
برباطة جأش : « اننى لست خائفا من الموت » •

كانت هذه هى الروح التى سيطرت عليه عندما قام
بمرحلته العظيمة أيام شبابه ، ولعلها كانت تكفيه وهو يقوم
بمرحلته الأخيرة •

بافلوف

يعتبر ايفان بتروفتش بافلوف ، الفسيولوجى الروسى العظيم ، أحد انشخصيات النادرة فى العلم التى انتشرت أعمالها فى جميع البلدان فى أثناء حياتها • حقا ان اسم بافلوف يجعلنا نتذكر فورا كلبه الصغير الذى يفرز العصارة من فمه بمجرد سماعه قرع الجرس ، ولكن ذلك الاسم يجعلنا نتذكر قبل ذلك وبعد ذلك المساهمة العظيمة التى أسهم بها فى العلم ، وهى مرتبطة أوثق الارتباط بما يسمى « الانعكاس الشرطى » •

والواقع أن بحوث بافلوف تركت أثرا لا يمحي على علم الفسيولوجيا وعلم الأعصاب وعلم النفس • وبالرغم من شهرته الواسعة ، لم تكن أعماله معروفة على وجه الدقة خارج بلاده • ومن الواضح أن المرء لا يستطيع أن يعرض فى مثل هذا المقال أعمال بافلوف بشكل شامل ، ولذلك فاننا سنكتفى ببعض الذكريات الخاصة عن بافلوف ، كما سنقيم بعض بحوثه الأكثر أهمية •

كان بافلوف رجلا ذا مواهب متعددة واضحة ، متوقد الذهن قوى الذاكرة مليئا بالنشاط والحيوية ، ولكنه ظل

مع ذلك ، الى نهاية حياته بسيطا كل البساطة متواضعا كل التواضع . - كان معمله فى لينتجراد ، حيث عملت تحت اشرافه ، خلية من نحل . وبالرغم من أنه كان فى الثمانين من عمره الا أن حماسه لم يفتر للبحوث العلمية ، وكان يشرح ذلك الحماس من حوله . كان الزوج المحركة لأغلب البحوث التى تتم فى المعمل ، ولم يكن يتورع عن الرقص طريا وهو يرى تجربة تكلل بالهيجاج . وكان معمله منظما كى التنظيم ، فى كل أربعاء يجتمع معاونوه ، وهم عشرات من العلماء ، لمناقشة مشاكلهم وتبادل الآراء بخصوصها . وكان بافلوف ، ذو الموهبة المجدبة على التحدث ، يدهش زملاءه . كان يحارب بكل قوة من أجل الآراء التى يؤمن بها ، وكان يسوق الدليل تلوا الدليل ليهيمن على رآيه ، ولكنه فى نفس الوقت كان يسارع بالاعتراف بخطئه اذا ما تبين له ذلك .

وهناك قصة كثيرا ما تروى لأنها تعبر بشكل طريف عن موقف بافلوف العام بالنسبة لما يقوم به من أعمال : كان يقوم بدراساته الاولى المتعلقة بالجهاز الهضمى ، ووجد ان حمض الايدروكلوريك يؤثر فى الاثنى عشر ويجعل البنكرياس يفرز عصارتة . واعتقد بافلوف أن الحمض يؤثر بطريقة أو بأخرى على الجهاز العصبى فتحدث النتيجة المشاهدة وهى ذلك الافراز . وبعد فترة من الزمن بين العلمان الانجليزيان السير وليام بيليس وارنست ستارلنج أن افراز البنكرياس يحدث نتيجة أثر هرمونى : فعندما يلامس حمض الايدروكلوريك الغشاء المخاطى للاثنى عشر ، فإنه يدفعه الى أن يفرز هرمونا يسمى « سينكرتين » وأن

هذا الهرمون هو الذى يدفع البنكرياس الى الافراز . وقال بافلوف أول الأمر ان هذا أمر مستحيل ولا يعقل ، غير أنه أعاد تجارب العالمين الانجليزيين ورأى أن استئصالهما سليم ، وعندئذ قال محقبا ، والعجب والتأنيب الذاتى يسيطران عليه ، ودون ما جسد أو غل : « وبعد ، لست أفرح الوحيديين الذين تكشف الأشياء الجديدة ! »



ولد بافلوف عام ١٨٤٩ فى مدينة ريازان بأواسط روسيا . وكان أبوه قسما أرثوذكسيا من قسامة القسرى ، وكان من الطبيعى لأن أن يحتفى بافلوف تعلية فى معهنة دينية . ولكنه سرعان ما جبن أن قبوله توجه الى ناحية أخرى ؛ فالتحق بكلية العلوم الطبيعية فى جامعة سانت بيترسبورج . وواصل دراسة الطب فى الأكاديمية العسكرية الطبية وتخرج فيها عام ١٨٧٩ . وقام بافلوف بأول بحث له ، وهو بعد طالب ، فى فسيولوجيا الدورة الدموية . وعين من ضمن موظفى عيادة الأمراض المتوطنة . ولقد أوكل رئيس العيادة الى بافلوف أن يشرف على تنظيم معمل الفسيولوجيا ، حتى يتم الربط بين النظرية والتطبيق فى العيادة . ولقد أجرى بافلوف أغلب بحوثه الأولى فى ذلك المعمل الصغير فى عيادة سانت بيترسبورج . اللهم إلا خلال عامين بين ١٨٨٤ - ١٨٨٦ اشترك فيه مع العالم الفسيولوجى الألمانى كارل لودفيج فى مدينة ليبزيج .

كانت الامكانيات المغطاة له من نوع بدائى جيدا ، فالمعمل لم يكن أكثر من مبنى خشبى لا يختلف كثيرا عن

الكوخ ، وكان عليه أن يوفر المال اللازم لبعوثه من مرتبة الضئيل ، ولم يكن معه معاونون منتقلون ، وبالرغم من ذلك ، استطاع ، بفضل طاقته الجبارة ومثابرته وتفانيه في عمله ، أن يشق طريقه ويصل إلى كشفاته هامة ، أكسبته شهرة لا تتناسب مطلقاً مع ذلك العمل المتواضع الذي يعمل فيه . وفي عام ١٨٩٠ عين أستاذاً لعلم العقاقير في الأكاديمية العسكرية الطبية ، وفي عام ١٨٩١ عين رئيساً للمعمل الفسيولوجي بمعهد الطب التجريبي الذي أنشئ آنذاك في سانت بيترسبورج .

وبما إن حلت نهاية القرن التاسع عشر حتى كان بافلوف شخصية يفتخر بها كواحد من أبرز علماء الفسيولوجية في العالم . وفي عام ١٩٠٤ حصل على جائزة نوبل تقديرًا لجهوده في فسيولوجيا الهضم . وفي عام ١٩٠٧ انتخب عضواً في أكاديمية العلوم الروسية ، وأصبح بعد ذلك مدير المعهد الفسيولوجي التابع للأكاديمية ، وظل في هذا المركز حتى نهاية حياته . وفي العقد الرابع من القرن الحالي شهدت له محطة فسيولوجية في كولتوزي ، التي تسمى الآن بافلوفو ، بالقرب من ليننجراد . وفي فبراير من ١٩٣٦ أصابه التهاب رئوي ، ومات وعمره ٨٧ عاماً .

إذا تجاوزنا عن دراسات بافلوف الأولى الخاصة بتنظيم ضغط الدم ، وهي بحوث طريفة وإن لم تكن ممتازة بشكل خاص ، ففي مقدورنا أن نقسم نشاط بافلوف العلمي إلى مرحلتين : المرحلة الأولى من العقد الثامن الماضي إلى عام ١٩٠٣ ، وكرس بافلوف فيها نفسه للدراسة المفصلة لوظائف

القناة الهضمية . ومنذ عام ١٩٠٢ حتى وفاته كان يسير أغوار فرع جديد من فروع المعرفة خلقه هو ، ذلك هو فسيولوجيا النشاط العصبي الراقى .

ومن المعلوم أن بحوث بافلوف حول افرازات القناة الهضمية صارت الأساس الذي تقوم عليه معارفنا الحالية في هذا الميدان . وكانت تسيطر على بافلوف ، خلال تلك الدراسات ، وكذلك خلال بخره اللاحقة في الجهاز العصبي ، عدة مبادئ وأفكار قد لا يعود اليه الفضل الكامل في وضعها ، ولكن له الفضل في تطويرها بشكل واضح .

أما أول هذه المبادئ فهو أن الكائن يقوم بوظائفه كوحدة متكاملة ، وأن فحص الأعضاء المنفصلة في ظروف صناعية تجري خلالها التجارب لا يمكن أن يؤدي الى فكرة سليمة عن كيفية سلوك الأعضاء ، وهي تعمل بشكل طبيعي في جسم الكائن . ولذلك فإن بافلوف كان يحاول دائما أن يقوم بتجاربه الفسيولوجية تحت ظل ظروف أقرب ما تكون الى الظروف الطبيعية . وعند قيامه بتجاربه المتعلقة بالقناة الهضمية لجأ الى عدد من العمليات العبقرية التي تهيف الى أن يظل عضو الحيوان يقوم بوظيفته بشكل طبيعي أثناء اجراء التجربة عليه . لقد عثر ، مثلا ، على وسيلة تجعل قنوات الغدد اللعابية والبنكرياس تصب في الخارج دون أن تنزع هذه الأعضاء من الجسم ، كما تمكن من أن يمزق جزءا من هذا العضو أو ذاك دون أن ينزعه من ارتباطاته مع الجهاز العصبي . واحدي تجاربه الشهيرة تسمى « كيس بافلوف » ، وفيها عزل جزءا من معدة كلب وكون من ذلك الجزء كيسا فتحته في جدار البطن وتصب الى

الخارج - والشبكة العصبية في ذلك الكيس سليمة تماما بحيث ان العمليات الافرازية التي تتم في المعدة التي تتلقى الغذاء ، تتم بالضبط في ذلك الكيس ، بالرغم من عدم وصول غذاء له ، ومن ثم يمكن الحصول على الافرازات ودراستها بمنتهى الدقة .

ومن الواضح أن نجاح مثل هذه العملية وبقاء الكلب في صحة جيدة كان يتطلب درجة عالية من النظافة والتطهير، كما كان يتطلب العناية التامة بالحيوان بعد العملية . وبالرغم من أن هذه الفكرة تعتبر اليوم شيئا عاديا ، فقد كانت حقا فكرة مبدعة في زمن بافلوف .

أما المبدأ الثاني الذي كان يهدى بافلوف في كل بحوثه فيسمى مبدأ « العصبية » ، وهو يفترض أن الجهاز العصبي يتحكم في كل وظائف الجسم . وعلينا أن نتذكر أن الدراسات المتعلقة بالغدد الصماء كانت في مهدها اذ ذاك . كان بافلوف يعتقد أن الجهاز العصبي هو الذي يتحكم في نشاط الكائن وينظمه ويجعل منه كلاً متكاملًا ، ولهذا فإنه كان دائم الاهتمام بتوضيح دور الأعصاب . وفي إحدى تجاربه الجميلة قام باجراء عدة عمليات على الجهاز الهضمي للكلب بهدف دراسة النظام الذي تفرز به المعدة عصاراتها . فصل بلعوم الكلب عن المعدة وأوصله للخارج بحيث لا يصل الغذاء الذي يتناوله الكلب بضمه الى المعدة ولكنه يسقط مرة أخرى الى الخارج عن طريق فتحة البلعوم . وفي نفس الوقت وضع أنبوبا يصل المعدة الى الخارج لدراسة سلوك المعدة والافرازات التي تتكون بها . ووجد أنه بالرغم من أن الغذاء

لا يصل الى المعدة فعلا ، فان المعدة تفرز عصاراتها متأثرة بمضغ الكلب للطعام والعمليات الأخرى التى تصاحب تناول الغذاء . وأثبت بافلوف ان الأعصاب الحائرة هى التى تؤدى الى حدوث ذلك الأثر ، ذلك أنه فى حالة قطع هذه الأعصاب يتوقف افراز المعدة فورا بالرغم من استمرار الكلب فى تناول الغذاء . وان انكباب بافلوف على وضع نظرية الدور المركزى للجهاز العصبى قد يفسر لنا عجبه وعدم تصديقه لكشف بيليس وستارلنج أن الهرمونات تلعب كذلك دورا فى عملية الهضم .

أما المبدأ الثالث الذى كان يضىء الطريق لبافلوف فهو ايمانه أن التجارب الفسيولوجية ذات مدلول كبير بالنسبة للطب التطبيعى . هذه الفكرة التى يقبلها الجميع اليوم بكل بضاطة ، لم يكن متفقا عليها آنذاك ، على الأقل فى روسيا .

★★★

وكان من الطبيعى ان ينتقل بافلوف ، بعد نشاطه المتعلق بالجهاز الهضمى ، الى دراسة الجهاز العصبى وتمحيص الأفعال المنعكسة الشرطية ، أى الى المرحلة الثانية من جهوده العلمية . وتفسير ذلك أن بافلوف تأثر كثيرا بكشفه الخاص بأفرازات الغدد اللعابية والعصارات المعدية فى الكلب ، وكيف أن هذه الإفرازات لا تتم فقط عندما يلامس الغذاء الغشاء المخاطى للضم والمعدة ، ولكنها تتم كذلك بمجرد رؤية الكلب للطعام أو بمجرد حدوث أية اشارة مرتبطة بتقديم الغذاء . يتضح من ذلك أن الإفرازات الهضمية ، التى اعتبرها بافلوف ظاهرة فسيولوجية بحتة ، قد تقوم على أساس نفسى وترتبط بالخبرات التى اكتسبها الكلب .

كانت هذه الفكرة شيئاً مذهلاً بالنسبة لعالم الفسيولوجيا في ذلك الوقت ، ذلك أن علم الفسيولوجيا وعلم النفس كانا يعتبران ميدانين منفصلين تماماً - كان علم الفسيولوجيا يقتصر اهتمامه على معالجة الاستجابات الفطرية التي تحدث في جسم الكائن وخاصة تلك التي تتحكم فيها الأجزاء الدنيا من الجهاز العصبي ؛ أما الاستجابات المكتسبة أو التي تعلمها الكائن فتقع في ميدان علم النفس - وواجهت بافلوف مشكلة محيرة : هل يجب عليه أن يدع الوسائل الفسيولوجية ويتحول الى الوسائل النفسية لكي يدرس انسلوك الهضمي للكلب ؟ لم يكن يستطيع أن يفعل ذلك ، لأنه لم يجد ثمة وسيلة للتأكد من نظريات علم النفس عن طريق التجربة -

وبعد تردد طويل قاس عثر بافلوف على حل جريء رائع للمشكلة - انه سيعالج المشاكل النفسية باستخدام الوسائل الفسيولوجية البعثة - ان افراز اللعاب أو العصارات المعدية ، على أية حال ، ظاهرة واحدة سواء كان أصلها فسيولوجيا أو نفسيا - ودار في ذهن بافلوف أن تطبيق وسائل التجربة الفسيولوجية لدراسة السلوك المكتسب ، قد يفتح ميدانا جديدا هائلا من ميادين البحث العلمي -

وقرر بافلوف أن يركز تجاربه على الغدد اللعابية لأسباب كثيرة مدروسة - كان يعلم من بحوثه السابقة أن الغدد اللعابية شديدة الحساسية وأن نشاطها يتأثر بعوامل محدودة ومعينة لدرجة أكبر من الأجهزة المحركة ، وهي أكثر الأعضاء استجابة للسلوك المكتسب - والأهم من كل ذلك أن بافلوف أدرك أن البحوث المتعلقة بالغدد اللعابية لن تتعرض

كثيرا لخطر التفسيرات النفسية للنتائج ، الشيء الذى كان ينبغي تجنبه بكل الوسائل •

وعلى ذلك بدأ بافلوف ومعاونوه دراساتهم المتعلقة بالانعكاسات المكتسبة أو كما كان يسميها الانعكاسات الشرطية « الطبيعية » التى تحدث فى الحيوان بشكل تلقائى عندما يستجيب لمراى الطعام أو لرائحته مثلا • وبعد ذلك ، وبعد أن تكاملت أساليب بافلوف ، بدأت مجموعته فى خلق الانعكاسات الشرطية كاستجابة لاشارات خاصة مثل دق الجرس أو ضوء المصباح •

وسرعان ما توصل بافلوف الى نتيجة هامة هى أن العمليات الشرطية تتم بطريقتين : فهى اما أن تنتج استجابة واما أن تكف الاستجابة • فاذا لم « يقوى » المؤثر الشرطى ، أى اذا لم يصاحبه تقديم الطعام ، فإن الانعكاس الشرطى سيتلاشى • ولقد أوضح بافلوف أن هذا التلاشى يحدث بنظام خاص أطلق عليه الكف الداخلى •

وفى المرحلة الأولى من البحوث ركزت مجموعة بافلوف اهتمامها على خواص الانعكاسات الشرطية المثارة والمكفوفة والعلاقة بينهما • ثم توسعت البحوث بعد ذلك فأحاطت بمبدأين جديدين على درجة كبيرة من الأهمية • لقد وضع ، أولا ، على طريق تكرار نفس التجارب على عدد كبير من الكلاب أن هذه الحيوانات تتباين لدرجة كبيرة من حيث سرعة تكوين الانعكاسات الشرطية ، ومن حيث درجة ثبوت هذه

الانعكاسات ، ومن حيث تأثير الانعكاسات الكفية على الانعكاسات المتكونة ، وهكذا . واستخدم هذا التباين كأساس لوضع تقسيم لنماذج الجهاز العصبى ، وهذا الموضوع كان محل بحوث كثيرة فى السنين الأخيرة . وبذلت جهود فى المحطة البيولوجية فى بافلوف لتوضيح أن نوع الجهاز العصبى فى الكائن يمكن أن يورث لذريته . وكان الكشف الثانى الذى توصل اليه بافلوف ومجموعته فى العقد الثانى من بحوثهم المتعلقة بالانعكاسات الشرطية ، أنه من الممكن الوصول الى حالة عصبية فى الكلب ناجمة من التضارب بين عمليتى الاثارة والكف .

وإدى الكشف الثانى الى اجراء بحوث واسعة فيما يسمى بالحالة العصبية التجريبية ، أعراضها وتشخيصها وعلاجها . وفى هذه التجارب أثبتت الانعكاسات الشرطية المتعلقة بالفرد للعباية أنها على درجة كبيرة من الحساسية ، وأنها دليل دقيق على حالة الجهاز العصبى العادية وحالته المرضية . وقرب نهاية حياة بافلوف ألحقت بمعامله عيادة تشخيص وتعالج الأمراض النفسية والأمراض النفسية العصبية عن طريق محاولة تحليل مختلف الحالات العصبية فى الانسان على أساس القوانين التى استخلصت من التجارب على الحيوانات . ان بافلوف لم ينس ، فى خضم بحوثه الطويلة المعقدة ، آله الطويل الأمد . فى استخدام بحوثه على الحيوانات لمصلحة الانسان .

بهذا نكون قد لخصنا الخطوط العامة للانتصارات العلمية الأساسية التى حققها بافلوف ومدرسته . ولا حاجة

بنا الى تأكيد أهمية البحوث التى أجريت على فسيولوجية العمليات الهضمية . غير أننا نلاقى صعوبة أكبر عند تقريرنا لقيمة بحوثه المتعلقة بالانعكاسات الشرطية .

من المعترف به ، بشكل عام ، أن الانعكاسات الشرطية لعبت دورا هائلا فى تطوير علم الفسيولوجيا الحديث ، واليوم تقوم مدارس بأكملها على أساس ما حققه بافلوف فى هذا الميدان . غير أنه نظرا لأن التطبيق الفسيولوجى للانعكاسات الشرطية قد تطور بشكل خاص فى الولايات المتحدة ، فأننى كأوروبى بعيد عن مركز هذه الاتجاهات الجديدة ، أجد نفسى فى موضع لا يسمح لى بمناقشتها . أما فيما يتعلق بالتطبيق العملى لآراء بافلوف فى مجالات الأمراض النفسية العصبية والصحة النفسية والتعليم ، فإن علينا أن ننتظر بعض الوقت حتى تتبين قيمة ذلك . وبناء على ذلك فأنى سأقتصر على معالجة مدلول الانعكاسات الشرطية بالنسبة للحالات العصبية الفسيولوجية ذاتها .

كثيرا ما كان بافلوف يطلق على تعاليفه الخاصة بالانعكاسات الشرطية عبارة « الفسيولوجيا الحقيقية للمخ » . وكان يرى أن دراسة الانعكاسات الشرطية ليست غاية فى ذاتها ولكنها وسيلة لفهم النظام المركزى الذى يتحكم فيها ، وهو القشرة المخية . وكان بافلوف يعترف بأن هناك وسائل أخرى لدراسة نشاط القشرة المخية ، مثل وسيلة الاستثارة الكهربائية للقشرة المخية فى الحيوان غير المخدر ، وأن هذه الوسائل قد تكون ذات قيمة كبيرة ؛ غير أنه كان يرى أن الصورة الحقيقية لنشاط القشرة لا يمكن أن تتضح

الا عن طريق دراسة العضو وهو فى حالته الطبيعية ، كما
فى تجارب الانعكاسات الشرطية • وقوى هذا الاعتقاد لدى
بافلوف عندما وصل الى نتائجه الباهرة المتعلقة بالقنابة
الهضمية •

ومن الحقائق الطريفة أن موقف بافلوف ووسائله
اتفقت لحد كبير مع آراء ووسائل معاصره الانجليزى الكبير ،
السير تشارلز شيرنجتون • والواقع أن كلا منهما قام بدراساته
الفسيولوجية على أساس استخدام مؤثرات محددة من الناحيتين
الكيفية والكمية ، وعلى أساس الجمع بين هذه المؤثرات ،
وكذلك قام كل منهما بدراسة النظام المركزى للانعكاسات
عن طريق فحص رد الفعل الذى يحدث فى الحيوان • غير أن
شيرنجتون كان يقوم بدراساته على الحيوانات التى انتزعت
منها مراكز المخ العليا ، أى على الحيوان الذى لم يبق سوى
عموده الفقرى ، هذا على حين كان بافلوف يقوم بدراساته على
حيوانات لم تمس قشرتها المخية • كان شيرنجتون يدرس
النشاط الفطرى للجهاز العصبى ، على حين كان بافلوف
يدرس النشاط المكتسب لذلك الجهاز •



وخلال العقود الأخيرة الماضية تدعمت الأفكار الرئيسية
التي قدمها هذان العالمان العبقريان عن طريق التجارب التى
أجريت بفضل التطور الكبير الذى طرأ على وسائل البحث
الفسيولوجية الكهربائية • وعندما كان بافلوف وشيرنجتون
يقومان ببحوثهما كانت فكرة « المركز العصبى » ، سواء فى

العمود الفقري أو في القشرة المخية ، لا تزيد على عبارة مفيدة خلقتها للربط بين الاثارة والاستجابة . أما اليوم فان عبارة « المركز العصبى » صارت شيئا ملموسا ومحسوسا لدرجة تتزايد وضوحا باستمرار ولعلنا لسنا بعديدين عن الوقت الذى سيتحقق فيه حلم بافلوف الجميل عن « رؤية » ما يحدث فى المخ خلال جمجمة الانسان السمكية .

القسم السادس
ثلاثة من الرياضيين

تشارلز بابيج

فى أثناء مهرجان بريطانيا الذى أقيم عام ١٩٥١ ، كان يحتل مكان الصدارة فى أحد أقسام معرض العلوم فى متحف العلوم بسوث كنسجتون ، آلة حاسبة براءة ذات شكل انسيابى تسمى نيمرود . ولو ابتعد الزائر عن المعروضات الرئيسية ، لوجد فى بهو بعيد أحد أسلاف هذه الآلة وقد تراكم عليها الغبار ، وهى عبارة عن مجموعة معقدة من الحلقات والعجلات والقضبان وقد كتب عليها « آلة بابيج للفروق » . وقد صمم هذه الآلة ، عام ١٨٣٣ ، رجل قضى حياته وأضاع ثروته فى محاولة بناء آلات رياضية لم يكن عصره مهيبا لتقبلها ولكن أمكن الآن تحقيقها .

واسم تشارلز بابيج غير معروف الا لدى بعض الرياضيين اليوم . . ولم يدرك قيمة عمله من معاصريه الا القليلون ، أما جيرانه فى لندن فلم يعرفوا عنه الا أنه عدو لدود لمازفى الأزغن فى الشوارع ؛ وعندما مات نعته جريدة التايمس اللندنية قائلة : إنه الرجل الذى عاش ثمانين عاما « رغم مضايقات عازفى الأزغن » . ولكن علماء الرياضيات يعتبرونه اليوم رجلا متقدما عن عصره سابقا لأوانه .

وعندما كتبت مجلة « نيتشر » البريطانية عن الآلات الحاسبة الأمريكية الحديثة كان عنوان المقال « أحلام بايبيج تتحقق » .

كان بايبيج متنوع الميول ، ألف كتابا عن « اقتصاديات المصنوعات والمكينات » ، وضع فيه الأساس لما يعرف اليوم بالبحوث المتعلقة بالعمليات . وقاد حملة كبيرة دعا فيها الحكومة لمساعدة وتمويل البحوث العلمية في وقت كان البحث العلمي يعتبر فيه هواية للمتفرفين من الرجال ؛ ونشر جدولا للوغاريتمات من ١ الى ١٠٨٠٠٠ وهو يستعمل على نطاق واسع ، كما وضع جداول لمعدلات الوفيات وقام بمحاولات تعتبر الأولى من نوعها للدعاية للتأمين على الحياة وشرحه للشعب ، وصمم قطعاً للغيار ، واقتراح عددا من الاختراعات ، منها وسائل لمنع حوادث السكك الحديدية ونظاما لاشارات المنارات ، ونشر بحوثا في الفيزياء وعلم طبقات الأرض والفلك . وعلم الآثار ، ولكن هوايته الكبرى التي شغلت حياته كانت الماكينات الرياضية أو الآلات الحاسبة .



ولد بايبيج في ديفونشاير عام ١٧٩٢ ، وكان أبوه مصرفيا ، ورث عنه فيما بعد ثروة طائلة ، ونظرا لضعف صحته فقد تلقى علومه على أيدي مدرسين خصوصيين الى أن التحق بكلية ترينيتي بجامعة كامبريدج عام ١٨١٠ . وكان في ذلك الوقت قد هام بالرياضيات ووجد أنه يعرف عنها أكثر من معلمه . وكان أقرب أصدقائه في أثناء دراسته

بالجامعة مما جون هيرشيل ، ابن عالم الفلك الشهير ويليام هيرشيل ، وجورج بيكوك . وقد تعاهد الطلبة الثلاثة فيما بينهم على أن « يتركوا العالم أكثر حكمة مما وجدوه » . فكان أول ما قاموا به لتنفيذ هذا العهد أن أسسوا الجمعية التحليلية لتشجيع الرياضيين الانجليز على احلال نظام لينيتز المستعمل فى القارة الأوربية محل مصطلحات نيوتن الرياضية . كان نيوتن يضع نقطة فوق الرمز للتعبير عن معدل التغير ؛ على حين كان لينيتز يضع « د » قبل ذلك الرمز . ولقد قال بابيج انه أسس هذه الجمعية للدعوة « لمبادئ الدائية ضد عهد » النقطة فى الجامعة » . وبالرغم من المعارضة الكبيرة التى لقيتها الجمعية الا أنها تركت أثرا كبيرا فى تطور الرياضيات فى المستقبل فى انجلترا .

ولما أيقن بابيج أنه سيهزم فى مسابقة « التريبوس » من زميله هيرشيل وبيكوك اذا بقى بكلية ترينيتى ، التحق بكلية بيتر هاوس اذ انه رأى من الأفضل له أن يكون الأول فى بيتر هاوس على أن يكون انثالث فى ترينيتى . وبالفعل كان ترتيبه الأول عند التخرج فى بيتر هاوس . واستمر فى الدراسة الى أن حصل على الماجستير عام ١٨١٧ . واستمرت الصداقة بين بابيج وهرشيل وبيكوك حتى بعد تخرجهم فى الجامعة . ومع أنهم اختلفوا فى السبل التى طرعوها فى حياتهم الا أن ثلاثتهم استمروا حافظين العهد الذى قطعوه على أنفسهم . التحق بيكوك بسلك الكنيسة وسرعان ما أصبح أسقف ايلي . وقرر هيرشيل ، بعد فترة تمرين قصيرة فى المحاماة ، أن يلحق بوالده فى علم الفلك ، وامتاز فى هذا العلم ، وحصل على لقب فارس ، وعين مديرا لدار سك

النقود ، وتجنب كل الخلافات العلمية حتى ان مؤرخيه قالوا عنه ، ان حياته كانت مليئة بالصفاء والبراءة .

أما بابيج ، على العكس من ذلك ، فقد أمضى حياة مليئة بالفشل المرير بين آلاته الحاسبة . وقد أشار في إحدى المرات في أواخر أيام حياته لبعض أصدقائه أنه لم يمض يوما واحدا سعيدا طيلة حياته ، وتحدث « كما لو كان يكره الجنس البشرى عموما ، والانجليز خصوصا ، والحكومة الانجليزية وعازفي الأرغن أكثر من أى شيء آخر » . والواقع ان حياته لم تكن على هذه الدرجة من السوء ، فقد كان معظم حياته رجلا اجتماعيا ألّوفا يميل الى المرح . ويحكى أنه كان في زيارة لفرنسا مع صديقه هيرشيل ، وطلب بابيج بيضتين لكل منهما للأفطار قائلا للساقى : Pour chacun deux :
فصباح الساقى للطباخ قائلا : Il faut faire bouillir

(١) cinquante - deux oeufs pour Messieurs les Anglais ونكتهما تمكنا من ايقاف الطباخ في الوقت المناسب ، ولكن القصة سبقتهما الى باريس وصاحبها كثير من التعديل والتحوير . وعندما سألهما مضيف في أثناء العشاء ، عما اذا كانت القصة التي سمعها عن شابين انجليزين آكلا ٥٢ بيضة في الافطار محتملة ، أجابه بابيج قائلا : « لا توجد حقا لا يمكن ان يرتكبا شاب انجليزى بين اثنين والآخر » . وكتب أخذ أساتذة جامعة أدنبرة بأنه كان مدعوا للعشاء لدى بابيج وأنه « لم يستطع أن يهرب منه في الثانية صباحا الا بمئته الضعوبة بعد سهرة غاية فى الامتاع » . وكان

(١) يجب ملق اثنين وخمسين بيضة لكل من البيدين الانجليزين .

يصطحب في رحلاته الى القارة الأوربية أناسا من مختلف المشارب ، منهم الأرستقراطي أو عالم الرياضيات أو الميكانيكي الماهر .

وبالرغم من ذلك ، فان شغف بابيج واهتمامه بالآلات قد غيرا من طباعه وحولاه من شاب مرح الى عجوز صارم . وقد تملكه شغفه هذا أول ما تملكه ، وحسب أصدق الروايات ، بعد محادثة عابرة مع صديقه هيرشيل . فقد أحضر هيرشيل الى بابيج بعض الحسابات الخاصة بالجمعية الفلكية ، وفي أثناء مراجعة هذه الحسابات والأرقام وجدا عددا من الأخطاء . وفي إحدى المرات قال بابيج : « اننى أرجو الله أن تتم هذه الحسابات بواسطة البخار » ، فعلق هيرشيل قائلا : « ان هذا ممكن » ، عندما فكر بابيج فى الأمر ازداد اقتناعه بأنه من الممكن أن تقوم الآلات بحساب وطباعة الجداول الرياضية . ووضع تصنيفا أوليا لفكرته الأولى وصنع نموذجا صغيرا يتكون من ٩٦ عجلة و ٢٤ محورا ، اختصرها فيما بعد الى ١٨ عجلة و ٣ محاور . وفى عام ١٨٢٢ كتب رسالة ضمنها فكرته وأرسلها الى سير همفري دافى ، رئيس الجمعية الملكية ، شرح فيها فوائد ومزايا « آلة الفروق » واقترح أن يصنع واحدة لكى تستخدمها الحكومة . ورحبت الجمعية الملكية باقتراحه ، وأعطى وزير المالية وعدا شفويا بوضع مبلغ من المال تحت تصرف الجمعية لهذا الغرض .

ولقد توقع بابيج أن يستغرق هذا المشروع ثلاث سنوات ، الا أن الأفكار الجديدة كانت تطرق ذهنه دون

توقف ، فيلقى بما أتم من آله جانباً ، وبعد مضي أربع سنوات لم يكن قد اقترب من هدفه . وقد أقامت الحكومة نه بجوار منزله مبنى وورشة لا تؤثر فيهما النار . وبعد زيارة دوق ولينجتون للتفتيش على هذه الورشة أعطته الحكومة منحة أخرى سخية لتمكنه من الاستمرار في عمله . ولكن باييج ، بعد فترة ، اختلف مع مهندس القدير جوزيف كليمنت حول المرتبات ، وكانت النتيجة أن حل كليمنت الورشة وصرف رجاله ورحل وقعه جميع قطع الآلات والرسومات التي كان من حقه القانوني الاستيلاء عليها .

★★★

وفي هذه المرحلة الحرجة خطرت لباييج فكرة جديدة ، فكرة آلة تحليلية ، أسهل في البناء ، وأسرع في العمل ، وتفوق آلة الفروق في القدرات والامكانيات . وتقديم بهذا المشروع بكل حماس الى الحكومة ، وسأل هل يستمر في آلة الفروق أم يعمل على تنفيذ فكرته الجديدة . واستمر ثمانية أعوام يطالب برد على سؤاله هذا . وأخيراً جاء الرد بأن الحكومة تأسف لأنها قررت عدم المضي في المشروع . وكانت الحكومة قد أنفقت فعلاً ١٧٠٠٠ جنيه على هذا المشروع ؛ وكان باييج قد أنفق أيضاً على المشروع ما يوازي هذا المبلغ . وقد أودعت آلة الفروق هذه التي لم تتم ، والتي فقد باييج اهتمامه بها ، في متحف كلية الملك بلندن ؛ ثم نقلت رفاتها فيما بعد الى متحف سوث كنستجتون حيث ترقد الى الآن .

استمر باييج يعمل عدة سنوات في آلة التحليلية على نفقته الخاصة ، ثم أهملها وبدأ يصمم آلة تحليلية أخرى ،

تحتوى كل التعديلات والتحسينات والتبسيطات التى عثر عليها أثناء العمل فى الآلة الأولى . وعاد يطالب الحكومة أن تمد اليه يد المساعدة ، ولكن وزير المالية لم يوافق . وهنا قال عنه بايبيج انه « هيروستراتاس العلم الذى سيرتبط اسمه باسم مخرب المعبد الافيزى ، هذا ان لم يطوه النسيان بين ثناياه » .

ولكن بايبيج لم ينته من بناء آية آلة . لقد كان أوسع أفقا من الوسائل التى كانت تحت تصرفه فى ذلك الوقت . كان بايبيج يطمع فى شئ أكبر من مجرد آلة حاسبة بسيطة ؛ كان يهدف الى صنع آلة تحسب الجداول الرياضية الطويلة وتطبعها كذلك . وعلق على ذلك قائلا : « ان الآلات التى تقوم بالحسابات العادية . . لن تكون فى مثل فائدة الآلة التى تحسب الجداول » .

كانت آلة بايبيج للفروق تطبيقا لنظرية الفروق الثابتة . ولتوضيح هذه النظرية نأخذ مسألة كان من المفروض أن تتمكن الآلة من حلها ، وهى حساب مربعات الأعداد المتوالية أى ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، . . . الخ . ويمكن الحصول على مربعات الأعداد الصحيحة ، بقدر ما لنا من الصبر على متابعة هذه العملية ، بوساطة عملية اضافة بسيطة ، اذا أخذنا الرقم ٢ على أنه الفرق الثابت . فاذا أخذنا ثلاثة أعمدة ووضعنا فى العمود الأول دائما الفرق ٢ (الذى يمثل الأس الثانى) ، ويبدأ العمود الثانى بالرقم ١ ثم نضيف اليه الفرق ٢ فى كل خطوة تالية . وفى العمود الثالث نحصل على حاصل الجمع الذى يبدأ بالرقم ١ ثم يعطينا الجواب الذى نريده . فمثلا ١ زائد ٢ زائد مربع ١ يعطينا

٤ وهى مربع ٢ ، ٣ زائد ٢ زائد ٤ تساوى ٩ وهى مربع ٣ ، ٥ زائد ٢ زائد ٩ يساوى ١٦ وهى مربع ٤ . الخ .

III	II	I
١	١	٢ ←
٢	٢	٢ ←
٣	٣	٢ ←
٤	٤	٢ ←
٥	٥	٢ ←
٦	٦	٢ ←
٧	٧	٢ ←
٨	٨	٢ ←
٩	٩	٢ ←
١٠	١٠	٢ ←
١١	١١	٢ ←
١٢	١٢	٢ ←
١٣	١٣	٢ ←
١٤	١٤	٢ ←
١٥	١٥	٢ ←
١٦	١٦	٢ ←

ان هذه العمليات البسيطة يمكن أن تؤديها الآلة بنفس الطريقة التى يحدد بها عداد المسافات فى السيارة ما قطعته السيارة من الكيلو مترات ، وذلك بحدوث عملية الجمع عند دوران عجلات عليها أرقام . وكان أول نموذج مبدئى صنعه بابيج لآلة الفروق عبارة عن عجلات ذات أسنان على أعمدة تدور بوساطة كرانك ، وكان فى إمكان هذه الآلة أن تعطى جدولا لمربعات الأعداد لخامس رقم . ولكن الآلة الأخرى التى اقترح بناؤها كانت على مقياس أكبر بكثير . لقد كان فى نية بابيج أن تعطى الآلة الأعداد إلى الرقم العشرين وأن تكون فروقها من الدرجة السادسة ، بدلا من الدرجة الثانية . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن كل عدد يظهر فى عمود الاجابات كان سينقل خلال مجموعة من الأذرع والكامات إلى مجموعة

من الخرامات مصنوعة من الصلب ، وهذه بدورها تطبع العدد على لوح نحاسى معد للحفر .

وكان هذا من الناحية الميكانيكية عملاً هائلاً . ولنا أن نتصور العدد المختلف من المسامير والصواميل والمفاتيح والكامات والروابط والأعمدة والعجلات التى يحتاجها هذا العمل ، ثم نتذكر أن أجزاء الآلات العيارية والتى تعمل بشكل أوتوماتيكي لم تكن معروفة فى ذلك الوقت ! لقد تناول بابيج هذه المسألة وعالجها بغاية المهارة ، اذ وضع هو ومساعدوه تصميم كل جزء بغناية تامة ، وكانوا يصنعون قطعا أخرى احتياطية للتقليل من استهلاك الآلة . وأصبح بابيج نفسه صانعا ماهرا ، يطور العدد التى أصبحت فى عهده من أحسن العدد ، كما كان يطور الأساليب التى أصبح بعضها نواة للأساليب الحديثة فى تصميم العدد والآلات . ولكن لعل هذا الاهتمام وهذه العناية فى التصميم كانا نقطة الضعف الكبرى فى عمل بابيج . فلو أن الآلة قد تم صنعها، لكان بها حوالى الطنين من الأجزاء المصنوعة من البرونز والصلب والزنك والتى صنعت طبقا لمواصفات محددة لم يسبق أن صنع مثلها من قبل .

★★★

ان ما رآه بابيج بعين خياله عندما انتقل بفكره من آلة الفروق الى الآلة التحليلية كان شيئا رائعا حقا . وكان فيها قبل قد تصور آلة وصفها وصفا معبرا حين قال انها « الآلة التى تأكل ذيلها » . وكان يقصد بذلك أنه يمكن للتنتائج التى تظهر فى خانة الاجابات أن تؤثر فيما سبقها من أعمدة

بحيث تغير التعليمات المعطاة للآلة في الأصل . وكان من المفروض أن الآلة التحليلية يمكنها أيضا أن تقوم بأية عملية رياضية وأن التعليمات التي تعطى للآلة يمكنها أيضا أن توجه الآلة في جميع العمليات والخطوات وفي ترتيب هذه الخطوات . وكان في إمكانها أن تجمع وتطرح وتضرب وتقسم ؛ وكان لها ذاكرة تستوعب ألفا وخمسين رقما عشريا ، وتقوم بعمليات أخرى مثل جداول اللوغاريتمات ، بحيث يكون لديها مكتبتها الخاصة . وكان بإمكانها أن تقارن الأعداد ، وتعمل حسب تقديرها ، وبذلك تتدرج الى عمليات أخرى لم يسبق أن أعطيت في التعليمات الأولى .

وتتضمن الآلة الحاسبة الحديثة كل أو الكثير من هذه الأشياء . ولكن بابيج كان محددا بالامكانات الميكانيكية التي كانت موجودة في ذلك الوقت ؛ ولم يكن في استطاعته طبعاً أن يدخل في تصميماته أية دوائر كهربية ، بل أية أنابيب الكترونية . كان يعتزم أن يصنعها كلها بالبطاقات المثقوبة ، وهي ليست طبعاً بطاقات هولریت السريعة الخلط والتي تتحرك على محولات استشعارية كهربية مثل التي نستعملها هذه الأيام (★) ولكنها بطاقات مثل التي تستعمل أنوال الجاكوار . وثقوب التعليمات والثوابت العددية على البطاقات بحيث تبدو أعمدة شفرية من الثقوب . وعندما توضع البطاقات في الآلة تتحسنها أسلاك الاستشعار . فإذا كانت الثقوب في المكان الملائم ، دخلت الأسلاك في الثقوب وربطت بحركة الأعمدة مع الأجزاء المختلفة للآلة ، وهكذا تؤدي الآلة عملها وكل العمليات المطلوبة منها . ولم تضعف

(★) في الخمسينات

كل هذه التعقيدات من ثقة بابيج ، فقد كانت لديه لوحة لجوزيف جاكار منسوجة من الحرير وقد استخدم في نسجها ٢٠٠٠٠ بطاقة مثقوبة !

هذا أبسط وصف للآلة . وان تشارلز بابيج ليمتلىء زهوا عندما يعلم أن أفكاره عن الآلة التحليلية قد طبقت اليوم في الآلات الحاسبة الالكترونية الضخمة .

ولقد ابتدع بابيج الى جانب مفهومه عن الآلة الحاسبة ، كثيرا من الاختراعات الميكانيكية ذات الاستخدامات التطبيقية المفيدة . وكما يهتم العاملون في تصميم الآلات الحاسبة هذه الأيام بالأتايب المفرغة والدوائر الالكترونية ، كذلك كان اهتمام بابيج بمشاكل الورشة وحجرة الرسم والتصميم ، فقد اخترع هو ومعاونوه بعض العدد التي تستخدم مع المخرطة . وكان ضمن العمال المهرة الذين عملوا معه شخص يدعى ج . هوايتويرث ، ومن بعد سير جوزيف هوايتويرث ، الذي أصبح أكبر صانع للعدد الدقيقة في انجلترا . ولقد وصف الخبراء من معاصري بابيج رسوماته للآلات المختلفة ، وهي رسومات تغطي ٤٠٠ قدم مربعة من الورق ، بأنها من أحسن الرسومات الميكانيكية .

ولقد صدرت عدة طبعات من كتاب بابيج « حول اقتصاديات المصنوعات والآلات » ، وأعيد طبعه في الولايات المتحدة وترجم الى الألمانية والفرنسية والإيطالية والأسبانية . وتناول فيه بالتفصيل صناعة الدبابيس والعمليات المختلفة ، وما تحتاج اليه من مهارة ، وتكاليف كل عملية ، واقترح عدة تحسينات فيما كان يجرى من عمليات . واقترح عدة وسائل

عامة لتحليل المصانع والعمليات ولايجاد الموقع والحجم
الملائم للمصانع . وكان بايبيج يعتز جدا بأحد التعليقات
التي سمعها من أحد العمال الانجليز حين قال : « لقد جعلنى
هذا الكتاب أفكر » .

وعندما تخطى بايبيج السبعين من عمره سجل تاريخ
حياته فى كتاب أسماء « مراحل من حياة فيلسوف » ، وهو
كتاب متشائم ولكنه لا يخلو من مرح ، وجاء فى صفحته
الأولى ، وبعد اسم مؤلفه ، عدد من الجمعيات العلمية
(وأغلبها أجنبية) . وتاريخ حياته هذا سجل لخيبة آماله
يقدر ما هو سجل لما حققه من أعمال ، وكتب ، حسب قوله ،
« لكى يقلل من عدم استساغة تاريخ آلاته الحاسبة » .

ولكنه لم يكن فى حاجة للاعتذار . ان فكرة الآلة
الحاسبة كانت دليل النبوغ . وان تاريخه كله لدليل حى
على الرباط المتين بين الاختراعات العلمية البحتة من جهة
وبين التقدم التكنولوجى السائد ، والمفهوم العام ، والتعاضد
الواجب من جهة أخرى . ان آلاته لم تتحرك لتعطى الأجوبة
المطلوبة لأن النبوغ يمكن أن يتفوق ولكنه لا يمكن أن يتخطى
أو يتجاهل حدوده امكانياته . لا يكمن نبوغ بايبيج فى
الكتبة التى علاها الغراب أو فى التفوق فى أحد فروع العلم
أو فى تلك العجالات القديمة القابعة فى أحد متاحف العلوم .
ان نبوغ بايبيج يتمكس فيما نشاهده اليوم من آلات حاسبة
هائلة .

لويس كارول

لويس كارول - ألم يكن كذلك عالما رياضيا من الدرجة الأولى ؟ هذا هو التعليق التقليدي عندما يذكر اسم مؤلف « أليس فى بلاد العجائب » . ذلك أن أغلب الناس كانوا يعرفون أن اسم كارول الحقيقى هو تشارلز لوتويدج دودجسون وأن هوايته طوال حياته هى العلوم الرياضية . وكانت تتداول بين المعجبين بأدبه قصة زائفة تقول بأن الملكة فيكتوريا عندما قرأت « أليس » أعجبت بها وطلبت كتابا آخر لنفس المؤلف فأرسل لها كتاب دودجسون الجاف عن المحددات الجبرية .

ويعتبر لويس كارول من نوابغ الأدب ، الأمر الذى يثير فى المرء الفضول الى معرفة مدى قدراته الرياضية . هناك اتجاه عام الى اعتبار الرياضيات موضوعا غريبا صعبا جافا عميقا بحيث انه ما من رياضى الا وهو « رياضى عظيم » ، لأنه لا يوجد عمالقة صغار . وهذا القول ، مع ما فيه من تقدير للرياضيين ، ليس بالضرورة صحيحا مع الأسف . أما كارول فقد كتب فى كثير من الموضوعات

الرياضية ، وفي مقدور المرء أن يرجع الى هذه الكتابات لكي يعرف أى نوع من الرياضيين كان كارول .

ان قصة حياته العلمية يمكن سردها بسرعة . ولد تشارلز لوتويدج دودجسون عام ١٨٣٢ بالقرب من ديززبرى فى تشيشاير . وكان أبوه ، كما كان جده ، وجد جده ، من رجال الكنيسة . والتحق بجامعة أكسفورد عام ١٨٥٠ بعد أن قضى ست سنوات لا تظللها السعادة فى المدارس الانجليزية العامة . وفى نهاية عام ١٨٥٢ ، حصل على درجة فى الرياضيات مع مرتبة الشرف الأولى وحصل على منحة دراسية على شرط ألا يتزوج وأن يهب نفسه للكنيسة . ولقد حصل على درجة الليسانس مع مرتبة الشرف الأولى فى مدرسة الرياضيات الهاثليست عام ١٨٥٤ . وعلى درجة الماجستير عام ١٨٥٧ . وفى عام ١٨٥٥ وفى سن ٢٣ ، منح منحة دراسية كانت قدر عليه مبلغ ٢٠ جنيهًا سنويًا وعين طالبًا بمقدماء فى كلية كريسنت تشرش ومعاظم فى الرياضيات بالجامعة . عاش كارول عزبا فى مساكن الجامعة بتوم كواد فى عام ١٨٦٨ ، الى أن مات وهو فى السادسة والستين من عمره عام ١٨٩٨ . ولم يدب النشاط فى حياته الأكاديمية الا قبلتبا عين مساعدا لأمين المكتبة عام ١٨٥٥ ، ثم عندما أصبح شماسا عام ١٨٦١ ، وفى النهاية عندما عين مشرفا على النادي وكان فى الخمسين من عمره إذ ذاك .

★★★

نحوه الحياة الهادئة المفضلة . حتى التى ساعدته على الكتابة باعتباره تشارلز لوتويدج دودجسون وباعتباره

لويس كارول • وبالرغم من أن كارول أنتج كثيرا من الكتب ، إلا أن الناس لا يذكرون له سوى القليل • ويبلغ عدد ما طبع من مؤلفاته في أثناء حياته ٢٥٦ مؤلفا ، وأما مجموع ما ألفه فيصل الى حوالى ٩٠٠ مؤلف • ومن هذه المؤلفات ١٦ كتابا - منها حوالى ستة للأطفال وحوالى عشرة فى الرياضيات وعلم المنطق • ولا بد أن نقول « حوالى » لأنه من الصعب أن تحدد ما اذا كان قد كتب المجموعة الأولى للأطفال أم للكبار ، وهل قصد بالثانية الى الرياضيات أم الى التسلية • وبالإضافة الى ذلك كتب كارول حوالى ٢٠٠ كتيب ، حوالى خمسين منها تتناول خلافاً أكاديمية فى كريست تشرش ، وحوالى ثلاثين لألعاب الكلمات والكتابة السرية وما شابه ذلك ، وأكثر من خمسين لموضوعات غاية فى الاختلاف والتنوع مثل : كيف تتذكر المواعيد ، وتهذيب كتابات شكسبير للبنات الصغيرات ، والحكم فى مباريات التنس ، والأخطاء الجارية فى الهجاية ، وقواعد تقدير أجرة البريد ••• وغيرها •

ومن ضمن الـ ٢٥٦ مؤلفا التى طبعت فى أثناء حياته ، كانت ٥٨ منها للرياضيات وعلم المنطق • فاذا بحثنا فى هذه المؤلفات ننتقد مكانة كارول الرياضية - أو لعله يجدر بنا أن نقول هنا مكانة دودجسون - اكتشفنا أنه كان مدرسا فى المقام الأول ، يهتم اهتماما كبيرا بطرق تدريس المواد الأولية ، فقد كتب حوالى العشرين كتابا للطلبة فى الحساب والجبر والهندسة وحساب المثلثات والهندسة التحليلية • ولعل أهم كتب دودجسون وأكبرها فى الهندسة ، واسمه « أوقليد ومنافسوه من المعاصرين » ، يعطينا فكرة عن

طريقته في تناول الرياضيات • انه يبين لنا أن دودجسون محافظ عنيد وهب نفسه للدفاع عن أوقليد ضد أى اتجاه حديث لتعديله أو تحسينه أو تغييره بأى شكل من الأشكال • فقد حاول دودجسون في هذا الكتاب اثبات أن بديهيات أوقليد وتعبيراته وبراهينه وأسلوبه لا يمكن تغييرها لما هو أفضل منها • بل لقد أصر على أن ترتيب وترقيم نظريات أوقليد لابد أن تبقى محفوظة كما هي • وسخر دودجسون بمهارة من علماء الهندسة المعاصرين الذين حاولوا تعديل بديهية أوقليد للمتوازيات ، واتهم كل محاولاتهم بأنها « شنيعة » (ولعله من المفيد ، مع ذلك أن نلاحظ أن دودجسون في كتاب له صدر فيما بعد واسمه « نظرية جديدة في المتوازيات » قد حاول هو نفسه أن يحل محل البديهية التقليدية ببديهية أخرى من وضعه) •

ولابد من تقدير كتاب « أوقليد ومنافسوه من المعاصرين » على أنه مسل وطريف ، الا أنه يتسم بصلاية الرأى الزائدة ، وهو من الناحية العلمية عديم الجدوى • انه لا يعكس ادراك المعاصرين من الرياضيين بشكل متزايد أن بديهية التوازي لم تكن حقيقة واضحة ، ولكنها فرض لا يمكن اثباته وضع بشكل جبرى • ولم تكن فلسفة دودجسون تتقبل الهندسة الا أوقليدية بما يترتب عليها من ثورة في الرياضيات والعلوم •

★★★

ولعل الصورة الكثيبة لنيافة القس دودجسون والتي خلقتها أعماله التربوية تتحول الى صورة باسمه اذا تحولنا

الى كتاباته الرياضية الأخرى ، اذ هو يقترب فى هذه الحالات من الرجل الذى نعرفه باسم لويس كارول . ولناخذ مثلاً على ذلك كتابه الصغير العجيب المسمى «مشاكل الوسادة» ، ففى هذا الكتاب يقدم دودجسون ٧٢ مسألة أغلبها فى الجبر والهندسة وحساب المثلثات وضعها وحلها جميعاً فى سريره أثناء الليل دون ورقة أو قلم . كان دودجسون يعانى من الأرق ، وبقدراً ما كان حريصاً على الإشارة الى أن الرياضيات لا تؤدى الى النوم ، فقد كان يقول انها تشغل الذهن بأشياء مبهجة وتمنع القلق والاضطراب والهموم . ومما يدل على شدة تدينه أنه نادى بالتفكير الرياضى، فى أثناء الاستيقاظ، كملاج « للأفكار المتشائمة التى تبدو فى بعض الأحيان أنها تنتزع أقوى الايمان . . والأفكار الكافرة التى تشق طريقها الى أشد الأرواح ايماناً . . والأفكار الملحدة التى تميز بوجودها المقيت الخيال العذب الطاهر » .

وبالرغم من أن المسائل الواردة فى هذا الكتاب، مسائل أولية ، الا أنها من التعقيد بحيث تحتاج الى مهارة حقة فى التركيز والتصور وخاصة اذا كان على المرء أن يحلها بفكره . واليك هذا المثال :

« فى أول يوليو ، وعندما كانت ساعتى تشير الى الساعة الثامنة صباحاً ، كان منبهى يشير الى الساعة الثامنة وأربع دقائق . وضبطت الساعة على توقيت جرينيتش ، وعندما كانت ساعتى تشير الى الظهيرة ، كان الوقت الحقيقى الساعة ١٢ وخمس دقائق . وفى مساء ذلك اليوم عندما أشارت الساعة الى السادسة كان المنبه يشير الى الساعة ٥ والدقيقة

٥٩٠ وفى يوم ٣٠ يوليو ، عندما كانت ساعتى تشير الى التاسعة صباحا كان المنبه يشير الى الساعة ٨ والدقيقة ٥٧٠ وعند جرينيتش عندما أشارت الساعة الى الساعة ١٢ والدقيقة ١٠ كان الوقت الحقيقى الساعة ١٢ والدقيقة ٥ وفى مساء ذلك اليوم عندما أشارت الساعة الى ٧ ، كان المنبه يشير الى الساعة ٦ والدقيقة ٥٨٠ وكنت أملأ الساعة فى كل مرة أقوم فيها برحلتى ، ولكنها تظل تسير بانتظام لمدة يوم واحد٠ أما المنبه فانه يعمل دائما وبانتظام ، فكيف يمكننى أن أعرف متى تحين الظهيرة حقا يوم ٣١ يوليو ؟

وخلول هودجسون للمسائل الواردة فى هذه المجموعة حلول ماهرة ودقيقة٠ الا أن أحدها يكشف بشكل مضحك جملة تفكيره الرياضى٠ والمسألة هى : لدينا حقيقة تحتوى على كورتين ، لا نعرف عنهما الا أن كل منهما إما أن تكون سوداء (س) واما بيضاء (ب) وعليك أن تتعرف على لونهما دون اخراجهما من الحقيقة٠ لقد ارتكبت فى حله لهذه المسألة (وهى مسألة لا يمكن حلها بالشكل الذى جاء ذكره) خطأين فاحشين٠ فهو أولا افترض ، خطأ ، أن احتمالات وجود س س ، س ب ، ب ب (وهى الامكانات الثلاثة داخل الحقيقة) هى $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{4}$ ، $\frac{1}{4}$ على التوالى٠ ثم هو يضيف كرة سوداء الى الحقيقة ، ويحسب احتمال سحب كرة سوداء بعد ذلك على أنه $\frac{2}{3}$ ، ثم يرتكب خطأه الشنيع الثانى بأن يقرر أن الحقيقة فى هذه الحالة لا يبد وأن يكون بها س س ب٠ وهذا الأسلوب فى التفكير يؤدى به الى القبول بأن فى الحقيقة أصلا كرة سوداء وأخرى بيضاء ! وهذه مسألة قد تكون طريفة فى بلاد العجائب ولكنها رياضيات يغلب عليها طابع

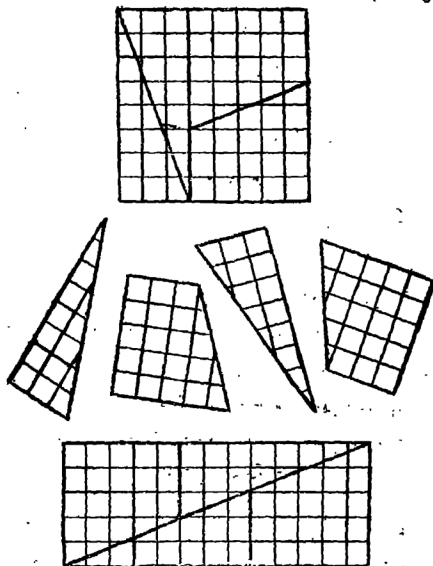
لويس كلرول

الهواة • وقد أشار البعض الى أنه لو استخدم أسلوب دودجسون هذا فى حالة حقيقة تحتوى ثلاث كرات غير معروفة اللون (سوداء أو بيضاء) لانتبهنا الى أنه من المستحيل أن تكون فى الحقيقة ثلاث كرات •

★★★

ووضع دودجسون كتابا آخر فى الألفاظ الرياضية سماه « قصة معقدة » وأطلق على المسائل لفظ « العقد » • واليك، مثلا ، العقدة الأولى : اثنان من الرحالة قضيا من الساعة الثالثة الى الساعة التاسعة فى المشى على طريق مستو ، ثم تسلق جبل ثم الهبوط من الجبل ومرة أخرى على الطريق المستوى الى منزلهما • وكانت سرعتهما على الطريق المستوى ٤ أميال فى الساعة • احسب المسافة التى مشياها ، خلال نصف ساعة ، عندما كانا على القمة •

وفى مجموعة مخطوطات دودجسون التى أمتلكها نجد اللغزين المحبين الى نفسه واللذين لم ينشرهما • وأحدهما هو « أين يبدأ النهار ؟ » وفيه يقول : ان التناقض الظاهرى قد يؤدى بالشخص الذى يسير حول الأرض فى اتجاه الغرب ينفس سرعة الشمس ، اذا بدأ من مكان ما فى يوم الثلاثاء فإنه سيعود الى نفس المكان يوم الأربعاء • فأين ومتى حدث هذا التغير فى التاريخ ؟ ولقد أجهد دودجسون الكثيرين من الموظفين الحكوميين وشركات التلغراف بمراسلاته وسؤاله هذا ، الذى طرحه لأول مرة عام ١٨٦٠ • ولم يستطع أحد الاجابة عن هذا السؤال بالطبع ، الى أن اتفق على خط التاريخ العالمى عام ١٨٨٤ •



ان التناقض الظاهري لهذه المثلثات يؤدي الى النتيجة المستحيلة وهي ان ٦٤ تساوي ٦٥ . فالمرجع الموجود أعلى الرسم يتكون من 8×8 وحدات مربعة ، وقد قسم الى أربعة أجزاء مبيّنة في الوسط . فاذا ركبت هذه الأجزاء لكي تكون المستطيل المبين في أسفل الرسم ، فاننا نجد به ظاهريا 5×13 وحدة مربعة . الا أننا اذا دققنا النظر في المستطيل تبين لنا أن ميل القاعدة المواجهة للزاوية القائمة في كل مثلث لا يساوي ميل الجانب المائل من الشكل الرباعي الاضلاع المجاور لجانبه الأقصر . والواقع أن « المربع » الزائد ينتج من انبساط الفضاء الواقع بين أجزاء المستطيل العلوية والسفلية . ولقد وضع كارول تعميما لهذا التناقض الظاهري في معادلة جبرية تعطي أبعاد جميع المربعات الممكنة التي يمكن تقطيعها بهذا الشكل المتناقض ظاهريا ، مثل المربعات التي أبعاد جوانبها ٢١ وحدة و ٥٥ وحدة .

أما لغزه الثانى المفضل والذي أسماه «القرد والوزن»، فقد حير أيضا معاصريه . وهذا اللغز هو : حبل تام الليونة لا وزن له علق على بكرة لا وزن لها ولا احتكاك ، وفي أحد طرفي الحبل قرد وفي الطرف الآخر وزن يعادل تماما وزن القرد . وبدأ القرد فى تسلق الجبل ، ماذا يحدث للوزن فى الطرف الآخر ؟ .

فإذا كنا سنأخذ بحرفية الكلام فاننا لا نستطيع أن نقول ماذا يحدث للوزن الا اذا عرفنا بالضبط ماذا يفعل القرد ، وما اذا كان يجذب الحبل برفق ، أو يهزه بعنف ، أو ما الى ذلك . ولكن يمكن بشكل عام ، اعطاء حل كامل وبسيط لهذا اللغز ، لأنه حسب الشروط الواردة فى اللغز يؤثر الجبل على الوزن بنفس القوة التى يؤثر بها على القرد فى أية لحظة . فكيفما يتحرك القرد يتحرك الوزن بنفس الشكل .

ويتضح من جميع كتابات دودجسون الرياضية أنه لم يكن رياضياً مهما . فكما رأينا ، بالنسبة للهندسة ، كانت آراؤه عنيفة حتى بالنسبة لعصره . وفى مسألة الاحتمالات التى سبق ذكرها فشل فى ادراك مبدأ العلة غير الكافية ، وبالنسبة للجبر كتب مرة فى مذكراته : « يبدو أن $2 = (2 + 2)$ هى دائما مجموع مربعين ولكن هذه حقيقة لا يمكن اثباتها » . وقد أخذ بعض الوقت لكى يتذكر الحقيقة التى يعرفها أى تلميذ يدرس مبادئ الجبر وهى أن $2 = (2 + 2) = (2 + 2) + 2 = (2 + 2) + 2$. وبالنسبة للتفاضل كان مفهومه عن الكميات

المتناهية في الصغر غاية في الارتباك وكانت بالنسبة له كميات غريبة غير واضحة فهي ليست لا نهائية وليست محددة وليست صفرا ! وتحوى كراسات أخطاء منطقية بشعة مثل « وحدة الكميات المتناهية في الصغر » و « وحدة اللانهاية » و « الحد الأدنى للكسر المحدود » . ولم يستطع أن يفهم المفهوم الأساسي للعمليات النهائية في التفاضل ، وذلك كما تشير ملحوظته التي كتب فيها : « ان الفكرة التي تقول انه مادام من الممكن اثبات أن كمية متغيرة تساوى تقريبا كمية ثابتة ، فإنها ستصبح بالفعل مساوية لها ، أمر غير مقبول في نظري ، اذ يمكننا فقط أن نختزل الفرق ولكننا لا يمكننا أن نلغيه » .

★★★

ولكن قبل أن نشطب دودجسون من سجل الرياضيين لابد أن نلم بما حققه في مجال المنطق . فقد كان نصف كتاباته في الرياضيات تقريبا في هذا المجال .

ولعل أهم هذه الكتابات كان « لعبة المنطق » الذي نشر عام ١٨٨٦ . والنسخة الموسعة التي نشرت بعد ذلك بعشرة أعوام كتاب أطول وأكثر جدية من الأول وكان اسمه « المنطق الرمزي : الجزء الأول ، المبادئ » . وفي هذا الكتاب طور كارول استخدام الطريقة التي بدأها العالم الرياضى السويسرى ليونارد أويلر عام ١٧٦١ . وهذه الطريقة تحوى تقديم مجموعات من الفروض المتماثلة بوساطة رسومات فراغية ، مع لغة رمزية لترجمة الرسومات الى وقائع

لويس كارول

لغوية شفوية • وكانت الأمثلة التي اخترعها لاستخدام هذه الطريقة ماهرة وطريقة •

لقد وضع مثلا المقدمة التالية :

كل التينينات غير حذرة

كل الاسكتلنديين حذرون

وخلص الى الاستنتاجات التالية :

كل التينينات ليسوا اسكتلنديين

وكل الاسكتلنديين ليسوا تينينات

ومثال آخر على التسلية التي كان يعثر عليها عند استخدام المنطق البسيط نجده في الآتي (توصل الى نتيجة منطقية من المقدمة التالية) :

« كان من العبث أن تقدمها له !

كان عليك أن تعلم ، لو كنت حسيفا

أن البحارة كبار السن لا يحبون الثريد !

« ولكنني اعتقدت ، لأنه عمك ... »

« نعم انه عمي بكل تأكيد ! كلام فارغ »

« يمكنك أن تقول « كلام فارغ » كما تشاء •

ولكن كل ما أعرفه أن أعمامى أنا من كبار السن

ولكنهم يحبون الثريد جدا • »

« حسنا ، إن أعمامك أنت « (ليسوا بحارة) •

وبقدر ما كانت ألعاب كارول المنطقية مسلية ، إلا أنها لم تكن أصيلة من الناحية الفنية ولم تكن عميقة • ولقد ظل محافظا في أعماله المنطقية كما كان محافظا في الهندسة • ولقد أشار عالم المنطق البريطاني بريثويت الى أن كارول « لم يقبل المبدأ الذى تسبب فى تسهيل الكثير من المنطق التقليدى وهو تفسير القضية العامة على أنها لا تحتوى على حد الموضوع • وهكذا ففى نظر كارول يكون القول بأن « كل الضفادع التى تقفز أكثر من ٢٠ قدما لها نقيق مرتفع » يستلزم بالضرورة وجود ضفادع تقفز أكثر من ٢٠ قدما •

وعندما قاربت حياة كارول على الانتهاء أضاف اضافة مهمة الى علم المنطق أثارت حيرة أكثر الرياضيين جدية • لقد كانت مسألة تحوى تناقضا ظاهريا لم يستطع أحد حلها حلا نهائيا • والمسألة هى : فى دكان حلاق يوجد ثلاثة حلاقين ا ، ب ، ج (١) عاجز بحيث اذ ترك الدكان فعلى ب أن يخرج معه (٢) لا يستطيع أن يترك الحلاقون الثلاثة الدكان معا ، والا خلا الدكان تماما • لنبدأ الآن بهاتين المقدمتين المنطقتين ، ولناخذ افتراضا ونرى ما النتائج التى تترتب عليه • لنفترض أن ج خرج • يترتب على ذلك أنه اذا خرج ا فان ب يبقى (حسب المقدمة الثانية) • ولكن اذا خرج ا يخرج ب أيضا (طبقا للمقدمة الأولى) • وهكذا نجد أن افتراضنا خروج ج قد أدى الى نتيجة نعلم الآن أنها غير صحيحة • وعلى ذلك فالافتراض غير صحيح ، واذن فان ج لا يستطيع الخروج • ولكن هذا كلام فارغ ، لأنه من الواضح أن ج يستطيع الخروج دون كسر أى من الشرطين •

وفى الحقيقة أن جـ يخرج إذا بقى ا فى داخل الدكان .
وهكذا نجد أن اتباع التعليل المنطقى بدقة مبتدئين بفرضين
يدل ظاهرهما على أنهما متسقان ، يودى الى نتيجتين
متناقضتين .

وقد يود بعض القراء أن يقول عند هذه النقطة : « ان
هذا الدكان بأصحابه الثلاثة يمثل وضعاً ، بسيطاً وواضحاً
وانه يمكن الوصول الى عدة حلول سليمة وغير متعارضة
عمن يخرج أو لا يخرج » . وكل هذا حسن ولكنه لا يدرك
لب الموضوع ، اذ ليس الموضوع « هل يمكنك أن تقول شيئاً
غير متناقض » ؟ لا ، لكن المسألة هى « ما وجه الخطأ
فى جدال كارول ؟ » .

ولقد حاول برتراند رسل أن يدور حول المشكلة بأن
ذكر أن القول بأنه « اذا خرج ا فلا بد أن يخرج ب » لا تتعارض
مع القول بأنه « اذا خرج ا فلا بد أن يبقى ب فى الداخل » .
ويجادل بأن كلا القولين صحيح على شرط أن « يبقى ا فى
الداخل » . ولكنه هذا يشبه الجدال القائل بأنه لا يوجد خلاف
بين قول أحد السياسيين ، انه « اذا فاز الجمهوريون ، فان
الأمر سوف تتحسن » ، وقول سيمى آخر انه « اذا فاز
الجمهوريون ، فان الأمور لن تتحسن » . ولن يرضى كلا
السياسيين اذا أكد لهما أحد المناطق أن انتصار الاشتراكيين
سوف يحقق قول كل منهما .

وربما قال قارئ آخر : « ما دما قد افترضنا أن جـ
خرج فاننا لسنا أحراراً فى أن نقول : (اذن ، اذا خرج ا ،
فان ب يبقى فى الداخل) » .

لقد وردت في كتاب هوايتهد وراسل « البرنكيبييا الرياضية » قاعدة أساسية تسمى « قاعدة الاستخراج » يمكن صياغتها في العبارات التالية : « اذا كان ق ، ك معا تستلزم ر فان ق تستلزم أن ك تستلزم ر . فاذا طبقنا هذه القاعدة في حالتنا هذه أمكننا تحويل العبارة التالية : « اذا خرج ج ، ا من الدكان فان ب يظل بداخله » الى العبارة التالية : « اذا خرج ج فان ا ، ب يظلان بالداخل » .

وعلى هذا يمكن « استخراج » العبارة الثانية من العبارة الأولى تحت ظل القواعد التقليدية للمنطق الكلاسيكي . وما ان نصل الى هذه النقطة حتى نجد لدينا الخيار بين أن نقبل رأى راسل (القائل بأنه « لا يوجد تعارض بين القول بأنه (اذا خرج ا فان ب يجب ان يخرج) والقول بأنه (اذا خرج ا فان ب يجب أن يظل بالداخل) ») أو أن نصل الى النتيجة المحيرة أن ج يجب ألا يخرج . والحاصل ، أننا اذا لم نرغب في استخدام طريقة راسل في الهروب من المشكلة فان علينا أن نجد طريقة ملتوية عند استخدام قاعدة الاستخراج .

وحديثا حل اثنان من رجال المنطق هذه المشكلة المحيرة بطريقة أكثر طرافة وان كانت أكثر تعقيدا ، ونشر حلها في المجلة الانجليزية « الندهن » . كما اقترحت وسيلة أخرى لمعالجة المشكلة في مجلة « الفلسفة والعلم » ، قدمها الدكتور آرثر . و . بيركس من جامعة ميتشيغان . وهو يقترح تحت عنوان « عبارات فطرية » تمييزا جديدا (فيما أعلم) بين ما سماه « اللزوم السببي » و « اللزوم المادي » ، ويرى أن الأول غير قابل « للاستخراج » مثل الثاني . وهو يستخدم هذا

التمييز لكي يهرب من مشكلة دكان العلاقة ولكن البعض يرون أنه لم يهرب الا بصعوبة كبيرة .

ويعلق بريثويت على كل ذلك قائلا : « ان كارول كان يدفع بالمحراث الى أغوار أبعد من معارفه . لقد كان يعتمل في ذهنه منطق يدعو للاعجاب ولكنه لم يستطع أن يصل بهذا المنطق الى مستوى التكامل ، ومن أجل هذا كان منطقته الرمزي سطحيًا ... على حين كانت ألفازة العابرة غاية في العمق » .

★★★

من العسير أن يختتم المرء الموضوع بأفضل من كلمات بريثويت . كان دودجسون المحترم مدرسا جافا ولكنه قدير في مبادئ الرياضيات . وكان لويس كارول منطقيا متعمقا وممتازا وان لم يع ذلك . وعندما حاول أن يعالج المنطق بشكل منهجي سليم لم يصب الا نجاحا متوسطا . وهو لم يعبر عن عمقه وبراعته الا حينما عالج المنطق بشكل متحرر غير مقيد . والواقع أن قيمته في معالجة المنطق تتضح لنا عندما نفتح كتاب أرض العجائب .

كثيرا ما تحتوى كتب المنطق والفلسفة على اشارات لأليس ورفاقها في أرض العجائب . ويعتمد ب . ا . ب . جوردان في كتابه الممتع « فلسفة مستر ب . رتر . ند . رسال » لحد كبير على كارول في توضيح الأفكار الأسامية للمنطق . ومن هذا الكتاب أخذنا العينات التالية التي تعكس عبقرية كارول .

لقد ظل علماء المنطق لأجيال طويلة يصارعون مع
«نظرية التطابق» - متى يحق للمرء أن يقول : « ان س هي
مطابقة ل ص » أو « ان س هي نفس ص » أو « ان س هي
ص » - ولكن هذه المشكلة كانت واضحة تماما عند أصدقائه
كارول الصغار .

«طول النهار يطابق أى شيء طوله مطابق لطول النهار» .
(سيلفى وبرونو) .

« لا حظ برونو أنه عندما يفقد الأستاذ الآخر نفسه ،
فان عليه أن يصرخ مناديا عليه . ولا شك أنه سيسمع ذاته
لأنه لن يكون بعيدا » . (سيلفى وبرونو) .

ان أغلب علماء المنطق ، وأغلبنا على وجه العموم ،
يجب أن يلتزموا جانب الحذر فيما يشعلق بدقة التعريفات
والخلط والتداخل بين ما تعنيه الكلمات وما تدل عليه .
ولكن هذا الموضوع لم يكن مثار ازعاج على الاطلاق فى
الجانب الآخر من المنظار .

كان من المستحيل التمييز بين تويديلدام وتويدلدى فى
كثير من الجوانب ، وبينما كانت أليس تسير فى الطريق
لاحظت أنه « عندما يتفرع الطريق فانها تجد حتما لافتتين
تشيران الى نفس الاتجاه » على الأولى « الى منزل تويدلدام »
وعلى الأخرى « الى تويدلدى » : « وأخيرا قالت ، أليس : « اننى
أعتقد أنهما يعيشان فى نفس المنزل » . » .

يقول هامتي دامتى بلهجة حادة : « عندما أستمع أنا كلمة ما ، فانها تعنى ما أختار لها أن تعنيه - لا أكثر ولا أقل » .

فترد عليه أليس قائلة : المشكلة هي هل تستطيع أن تجعل الكلمات تعنى أشياء مختلفة » .

ويرد عليها هامتي دامتى قائلاً : « المشكلة هي من السيد . . هذا هو كل ما فى الأمر » .

وكثير من المسائل المعقدة فى علم المنطق الرياضى الحديث يدور حول احتمال وجود ما يسمى الفصل العام ، وحتى هذا حسبت له البعوضة حساباً ، فقد ذكرت لأليس أن ذبابة الخبز والزبد تحيا على الشئ الخفيف باللبن .

قالت أليس « وماذا اذا لم تجد هذا الغذاء ؟

فردت البعوضة : « لا شك أنها ستموت » .

وقالت أليس وهي تفكر : « ولكن هذا لا بد أن يحدث

كثيراً » .

فردت البعوضة : « ان هذا يحدث دائماً » . (من خلال

المنظار) .

اذا كان تحليل الوجود أمراً صعباً ، فأصعب منه أن تحلل اللاوجود . ولكن الأمر ليس كذلك بالنسبة لأليس .

قالت أليس : « اننى لا أرى أحداً فى الطريق » .

وردت الملكة البيضاء فى لهجة جزعة : وددت لو كانت لدى مثل عيونك . أن يكون فى مقدورك أن ترى لا أجدها وعلى

هذه المسافة ! عجباً ، اننى أصرف نفس الجهد لكى أرى
أناساً حقيقيين ، فى هذا الضوء الساطع ! » (من خلال
المنظار) •

لا شك أن المهتمين بمنطق العلم الحديث لا يوافقون على
أهمية ومدلول التجارب التخيلية ، وخاصة إذا تضمنت
هذه التجارب شروطاً لا يمكن تحقيقها • أما الملكة البيضاء
فلم تكن تهتم بهذا الأمر •

ضحكت أليس ثم قالت : « لا فائدة من هذه المحاولة ،
لذا لا يستطيع المرء أن يؤمن بالأشياء المستحيلة » •

فردت عليها الملكة البيضاء قائلة : « يبدو لى أنك لم
تتدربى على ذلك • عندما كنت فى مثل سنك كنت أتدرب على
ذلك نصف ساعة كل يوم • بل اننى فى بعض الأحيان كنت
أؤمن بستة أشياء مستحيلة قبل الافطار » • (من خلال
المنظار) •

★★★

لقد كانت مواهب كارول الحقيقية من القدرة والعظمة
بعيثة لا نجد أنفسنا فى حاجة الى التلطف عند التعرض
للبقائص التى كانت تشوب كتاباته الرياضية • ولم يكن
كارول ذاته مغروراً فى هذه الناحية حتى لقد عبر عن حكمه
المتواضع على نفسه فى مذكراته اليومية اذ جاء بها عبارة
كتبها فى اليوم الأول من يناير عام ١٨٥٥ وعمره ثلاثة
وعشرون عاماً ، يقول فيها : « لقد حاولت أن أشغل نفسى
فى بعض الرياضيات ، ولكنى فشلت » •

سرينيفاسا رامانوجان

ليست هذه سوى كلمة موجزة تحوى ما لدينا من المعلومات الضئيلة عن حياة انفقير الهندى انذى أصبح على حد قول أحد الثقات « أعجوبة الرياضيين فى هذا العصر » . مات سرينيفاسا رامانوجان فى الهند مريضاً بداء الصدر فى ٢٦ أبريل عام ١٩٢٠ عن ٣٣ عاماً ، واسمه غير معروف الا لدى علماء الرياضيات ، فهو لم يجذب انتباه أحد خارج مجال اختصاصه . ولكن بحوثه وأعماله تركت أثراً لا يمحي فى ميدان الفكر الرياضى .

كان ج . ه . هاردى من كامبريدج ، وهو من كبار علماء الرياضيات فى عصره ، من أقرب الناس الى رامانوجان سواء لصلته به فى العمل أو نتيجة لعلاقتهم الشخصية ، وذلك خلال السنوات الخمس المثمرة التى قضاهما فى انجلترا . وأغلب المعلومات الواردة فى هذه المقالة أخذت من تأييد الأستاذ هاردى لرامانوجان وكذلك من مجموعة المحاضرات التى ألقاها الأستاذ هاردى فى جامعة هارفارد التى أسماها محاضرات رامانوجان ؛ أما بقية المعلومات فقد أخذناها من المقالة الصغيرة التى كتبها سيشو ايباد وراماشاندر راو

والموجودة فى « مجموعة كتابات رامانوجان » • ومع ذلك
ففى هذه المقالة الصغيرة التى تقدمها ما يكفى للدلالة على
مدى شخصية رامانوجان ونبوغه •

نشأ سرينيفاسا رامانوجان آيانجار ، حسب قول مؤرخه
سيشو ايباد ، فى أسرة برهمية فقيرة الحال من مركز تانجور
التابع لمقاطعة مدراس • وكان أبوه كاتباً للحسابات فى محل
أحد تجار الأقمشة ، وكانت أمه ، وهى امرأة على درجة عالية
من الإدراك ، ابنة موظف صغير بمحكمة المنصف (القاضى)
فى ايرود • وبقيت مدة طويلة بعد الزواج لا تنجب أطفالاً
« ولكن أباهما دعا الآلهة المشهورة ناماجيرى ، فى البلدة
المجاورة السماء ناماكال ، لكى تبارك ابنته وتهبها الذرية •
ولم يَخصَّ وقت قصير حتى كانت قد أنجبت أكبر أبنائها ،
عالم الرياضيات رامانوجان ، الذى ولد يوم ٢٢ ديسمبر
عام ١٨٨٧ » •

وعندما كان فى الخامسة ذهب الى المدرسة ، وقبل أن يبلغ
السابعة انتقل الى مدرسة المدينة الثانوية فى كامباكونام ،
حيث حصل على منحة دراسية • ويظهر أن قدراته غير العادية
قد وضحت فى ذلك الوقت • كان هادئاً كثير التأمل يتمتع
بذاكرة قوية غير عادية • وكان يسعد أن يطرف زملاءه
بالنظريات والمعادلات ، والقاء مقطوعات كاملة من أصول
اللغة الصانسكريتية • وكان يحفظ قيمة ط والجذر التربيعى
للعدد ، لثى رقم عشرى • وعندما كان فى الخامسة عشرة من
عمره ، وهو فى السنة السادسة للدراسية ، استعار له أحد
أصدقائه كتاب كار «المجمل فى الرياضيات البحتة» من مكتبة

الكلية الحكومية بالمدينة • وفاضت نفس رامانوجان بالسعادة وهى تهيم فى هذا العالم الجديد الذى تفتحت آفاقه له • لقد أيقظ هذا الكتاب نبوغه وبدأ فوراً فى حل معادلاته • ولما لم يكن لديه أى كتاب آخر يستعين به فقد كان كل حل من حلوله بمثابة بحث أصيل بالنسبة له • اخترع أول الأمر طرقاً لتشييد المربعات السحرية ، ثم تطرق الى الهندسة حيث أخذ فى تربيع الدائرة ثم تطور الى أن قدر طول محيط الأرض عند خط الاستواء ، ولم يختلف تقديره عن التقدير الحقيقى الا بمقدار بضع أقدام • ولما وجد مجال الهندسة محدوداً تحول الى الجبر • وكان رامانوجان كثيراً ما يردد أن آلهة ناما كال توحى اليه بحلول المعادلات فى أثناء نومه • ومن العجيب أنه كان يدون النتائج التى يتوصل اليها بمجرد قيامه من النوم ، ولو أنه كثيراً ما كان يعجز عن اعطاء اثبات قاطع لها • واستمر يطبق هذا النظام طوال حياته •

وحصل على الشهادة الثانوية وعمره ١٦ سنة من الكلية الحكومية فى كامباكونام وحصل على « منحة سوبرا ماينام الصغرى الدراسية » • ونظراً لضعفه فى اللغة الانجليزية - اذ لم يكن يهيم الا بالرياضيات - فقد رسب فى الامتحان التالى وفقد بذلك المنحة • ثم ترك كامباكونام ، أولا الى فيزاجاياتام ثم الى مبراس ، وهناك تقدم الى « الامتحان الأول فى الآداب » فى ديسمبر عام ١٩٠٦ ، ولكنه رسب فيه ولم يتقدم اليه ثانية • وفى السنوات التالية استمر فى بحوثه الرياضية مستقلاً • ولما تزوج عام ١٩٠٩ كان عليه أن يبحث عن عمل دائم يرتزق منه • وفى أثناء ذلك حصل على خطاب

توصية الى أحد محبى الرياضيات الحقيقيين وهو راماشاندرا راو الذى كان يعمل محصلا فى نيلور، وهى مدينة صغيرة تقع على بعد ٨٠ ميلا شمال مدراس . وكان راماشاندرا راو قد اطلع فعلا على كراستين لرامانوجان ملاحظا بالآراء والأفكار العجيبة . ولعله من الأفضل أن ننقل هنا ما تم فى هذه المقابلة الأولى على لسان راماشاندرا نفسه .

«منذ بضع سنوات، قال لى أحد أبناء أخى وهو لا يعلم شيئا عن الرياضيات : (عمى ، يوجد زائر يتكلم فى الرياضيات؛ وأنا لا أفهم مما يقول شيئا ؛ فهل لك أن ترى اذا ما كان فى قوله ما يفيد ؟) وفى فيض من حكمته الرياضية ، تنازلت وأذنت لرامانوجان أن يدخل فى محضرتى . ودخل على رجل خشن المظهر ، غير خليق ، لا تبدو عليه النظافة ، ممتلئ الجسم ، إلا أن عينيه اللامعتين كانتا تلفتان النظر ، وكان يتأبط كراسا ممزقا ، ويبدو فقيرا بائسا ، فر من كامبا كونايم لى يجد فى مدراس من وقت الفراغ ما يسمح له بمتابعة دراساته . ولم يتق قط الى أن يصبح شخصا مميزا . لم يكن يطلب سوى أن يقدم له أبسط الغذاء دون أى اجتهاد من جانبه ، وأن يسمح له بالاسترسال فى أحلامه .

« وفتح كراسه وأخذ فى شرح بعض كشافه . ورأيت من أول وهلة أن هناك شيئا خارقا ؛ ولكن معلوماتى لم تسمح لى بأن أقرر هل يقول كلاما معقولا أم هنورا فارغا . وأجلت حكمى عليه وطلبت منه أن يعود الى مرة أخرى ، ففعل . ولكنه اذ لاحظ جهلى قدم لى بعضا من المسائل السهلة . وكانت هذه تفوق ما يوجد فى الكتب الحالية ، فأيقنت أنه

رجل رائع • ثم أخذ يتدرج معى خطوة خطوة الى التفاضلات
الاهليلجية والمتسلسلات فوق اهندسية والمتسلسلات غير
التقاربية • وعند سألته عما يطلبه أجاب بأنه يريد الكفاف
لكى يتمكن من متابعة بحوثه » •

★★★

وقد تعهد راماشاندرا راو بأن يدفع نفقات رامانوجان
لفترة من الزمن • وبعد مدة ، اثر فشل المحاولات المختلفة
التي بذلت لكى يحصل على منحة دراسية ، وكان رامانوجان
قد رفض أن تطول اعالته ، قبل أن يعمل فى وظيفة صغيرة
بمكتب شركة ميناء مدراس •

ولكنه لم يهمل قط بحوثه الرياضية • وكان أول أعماله
البحث الذى نشره فى مجلة الجمعية الرياضية الهندسية عام
١٩١١ وكان عمره ٢٣ سنة • وكان أول بحث طويل نشره
عن « بعض خواص أعداد برنولى » ونشر فى نفس العام •
وفى عام ١٩١٢ قدم الى نفس المجلة بحثين آخرين وعند
مسائل للبحث •

وكان راماشاندرا فى ذلك الوقت قد اقنع السيد
جريفيث من كلية مدراس الهندسية أن يهتم برامانوجان ؛
ولذلك فقد اتصل جريفيث بسير فرانسيس سيرينج مدير
شركة مدراس وأوصاه برامانوجان • ومنذ ذلك الوقت أصبح
من السهل الحصول على اعتراف بقيمة أعماله • وبدأ
رامانوجان - بناء على نصيحة سيشو ايباد وآخرين - فى
مراسلة ج. ه. هاردي وكان اذ ذاك زميلا بكلية ترينيتى ،
بكامبريدج ، وهما نص خطابا الأول لهاردي ، وهو مؤرخ

رجال علموا للعلم

فى ١٦ يناير ١٩١٣ ، وقد ساعده أصدقائه فى صياغته
بالانجليزية .

« سيدى العزيز ،

اسمح لى بأن أقدم لك ثقتى فانا أعمل كاتباً للحسابات
فى شركة ميناء مدراس بمرتب قدره عشرون جنيها سنوياً .
وأبلغ من العمر ٢٣ سنة (كان عمره فى الحقيقة ٢٥ سنة)
ولم أحصل على أى تعليم جامعى ولكنى أتممت الدراسة
الثانوية . وبعد انتهاء دراستى كنت أقضى أوقات فراغى فى
دراسة الرياضيات . وأنا لم أطرق سبيل الدراسة الجامعية
المنتظمة ، ولكنى أشق طريقى الخاص بنفسى . وقمت
بدراسة خاصة للمتسلسلات غير التقاربية بشكل عام ، ويصف
علماء الرياضيات هنا النتائج التى توصلت إليها بأنها
« مذهلة » . . .

اننى أرجوكم أن تراجعوا الأوراق المرفقة بهذا
الخطاب . ولما كنت فقيراً فاننى أرجوكم اذا اقتنعتم بقيمة
نظرياتى أن تعملوا على نشرها . وأنا لم أذكر الأبحاث
الحقيقية ولا التعبيرات التى حصلت عليها ولكنى أشرت فقط
الى السبيل الذى أتبعه فى حلها . ولما كانت خبرتى ناقصة
فاننى أقدر أية نصيحة تقدمونها لى . واننى اذ أستطيعكم
عذراً لما سببته لكم من إزعاج .

سوف أبقى لكم ، ياسيدى العزيز .

المخلص

س . رامانوجان

وَأَرْفُق بِالخُطَاب ١٢٠ نظرية علق عليها هاردي
بما يأتي :

« ليس من السهل أن يقدر المرء الأثر المباشر الذي
يحسه أستاذ رياضيات عادي ، يتلقى خطابا مثل هذا من كاتب
هندي مغمور »

« كان أول خاطر جال في ذهني هو هل يمكنني حقا أن
أدرك قيمة هذا العمل . لقد برهنت أشياء مثل (١ - ٧)
بنفسي . ويبدو أنني ألم بشكل غامض بالمعادلة (١ - ٨) .
والواقع أن (١ - ٨) من المسائل التقليدية ، إنها معادلة
للابلاس وكان جاكوبي أول من أثبتها ، أما (١ - ٩)
فجاءت ضمن بحث نشره روجرز عام ١٩٠٧ . وقد فكرت
أنني ، كخبير في التكاملات المعينة ، قد يمكنني اثبات
(١ - ٥) ، (١ - ٦) ، وقد فعلت ذلك ، ولو أن هذا
الأمور أخذ مني من الجهد أكثر مما توقعت . »

« أما المعادلات المسلسلة (١ - ١) ، (١ - ٤) فقد
وجدتها أكثر صعوبة ، وسرعان ما بدا لي واضحا أن
راما نو جان قد وضع نظريات أكثر من التي بحث بها وأنه
يحتفظ لديه بالباقي . وكانت الثانية معادلة معروفة تماما
لبارو وهي عن نظرية متسلسلات لاجاندر ، ولكن الأخرى
كانت أصعب مما تبدو . »

أما المعادلات من (١ - ١٠) إلى (١ - ١٣) فهي على
مستوى مختلف ، ومن الواضح أنها أصعب وأعمق . ويمكن
لأي خبير بالدوال الناقصة أن يلاحظ فورا أن (١ - ١٣)

قد استخرجت بشكل ما من نظرية (ضرب الأعداد المركبة) ، ولكن (١ - ١٠) الى (١ - ١٢) هزنتى تماما ، فلم يسبق لى أن رأيت قبل ذلك ما يشبهها وتكفى نظرة واحدة اليها حتى يؤمن المرء أنه لا يكتبها الا عالم رياضى من الطراز الأول . ولابد أن تكون صحيحة اذ لا يوجد الشخص الذى يملك من الخيال ما يمكنه من اختراعها . وأخيرا . . لابد أن يكون الكاتب انسانا تام الأمانة ، لأن عظماء الرياضيين أكثر شيوعا من اللصوص أو الدجالين الذين يمتلكون مثل هذه المهارة الفائقة » .

• ومع أن رامانوجان قد أثبت نجاحه الفائق فى عدة مجالات الا أن عمله فى الأعداد الأولية وكل ما يتصل بهذه النظرية من مسائل كان مخطئا بكل تأكيد . ولعل هذا هو فشله الكبير . ومع كل ما فانتى لست متأكدا أن فشله لم يكن ، بشكل ما ، أعجب من كل انتصاراته » .

• وكتب هاردى ، معلقا على رموز رامانوجان فى احدى المسائل الرياضية التى وردت فى هذا المجال ، قائلا : « ان لاندau حصل عليها أولا فى عام ١٩٠٨ . ولم يكن لدى رامانوجان أى سلاح من أسلحة لاندau ؛ لم يكن قد رأى أى كتاب فرنسى أو ألماني ؛ بل أن ألمانه باللغة الانجليزية كان من الضعف بحيث لم يستطع أن يتوصل على درجة جامعية . وكفاه فخرا أنه كان يحلم بمثل هذه المسائل ، وهى مسائل

أخذ أحسن علماء الرياضة الأوروبيين مائة عام لحلها ،
ومازال حلها غير كامل الى يومنا هذا » .

★★★

وأخيرا وفي شهر مايو عام ١٩١٣ ، ونتيجة لجهود كثير
من أصدقائه ، أعفى رامانوجان من عمله ككاتب في شركة
ميناء مدراس وأعطى منحة دراسية . وكان هاردي قد بذل
عدة محاولات لكي يسافر اليه رامانوجان في كامبريدج .
وقد بدا أن الطريق سهل ميسور ، الا أن رامانوجان رفض
في مبدأ الأمر نظرا لتعصب طائفته الدينية ولأن أمه لم
تسمح له بالسفر .

كتب هاردي قائلا : « وأخيرا ، أمكن الحصول على هذه
الموافقة بسهولة وبشكل لم نكن نتوقعه . وذلك أن أمه أعلنت
ذات صباح أنها رأت في منامها في الليلة السابقة ابتها
جالسا في قاعة فسيحة بين مجموعة من الأوروبيين وأن الالهة
ناماجيري قد أمرتها ألا تقف في طريق ابنها وألا تمنعه من
تحقيق أهدافه في الحياة » .

وعندما ذهب رامانوجان أخيرا كان قد حصل على منحة
دراسية من مدراس قيمتها ٢٥٠ جنيها ، خصص منها ٥٠
جنيها لاعانة أسرته في الهند ، كما حصل على اعانة أخرى
قدرها ٦٠ جنيها من ترينيتي .

وفيما يلي ما كتبه هاردي عن رامانوجان : « واجهتني
مشكلة كبيرة . إذ كيف أعلمه الرياضيات الحديثة ؟ فقد كان
يذهلني أن معلوماته محدودة بقدر ما هي عميقة . فكان

أمامي رجل يستطيع أن يحل المعادلات المقياسية ، ونظريات ضرب الأعداد المركبة الى رتب لم نسمع بها ، رجل يسيطر على رياضيات الكسور المتصلة بشكل يفوق كل عالم آخر ، رجل وجد لنفسه المعادلة الدالية لدالة زيتا والحدود السائدة في كثير من المشاكل الشهيرة في النظرية التحليلية للأعداد ، وهو في نفس الوقت لم يسمع بالدالة الدورية المزدوجة أو بنظرية كوش ، ولم تكن لديه سوى فكرة باهتة عن دالة المتغير المركب . أما أفكاره عن البراهين الرياضية ومم تتكون فكانت مجرد ظلال باهتة . ولقد توصل الى كافة نتائجه ، القديمة والحديثة ، السليمة والخطئة ، عن طريق استخدام الحجج المختلطة والبداية والاستقراء ، وكان عاجزا عن اعطاء فكرة متماسكة عن طريقته هذه .

لقد كان من المستحيل أن نطالب مثل هذا الرجل بالخضوع للتعليمات المنظمة ؛ أو أن يبدأ في تعلم الرياضة . وكنت خائفا اذا ما أصررت على أمور لا يقبلها رامانوجان ، أن أحطم ثقته بنفسه أو أن أحول دون الوحي الذي يهبط عليه . ولكنني من ناحية أخرى كنت أرى أنه من المستحيل أن يبقى جاهلا ببعض الأمور . كانت بعض نتائجه مخطئة ، وخاصة تلك المسائل المتعلقة بتوزيع الأعداد الأولية ، التي كان يعلق هو عليها أهمية خاصة . كان من المستحيل أن أتركه يقتنع خطأ طوال حياته أن جميع أصفار دالة زيتا حقيقية . ولذلك فقد حاولت تعليمه ، ونجحت بشكل ما ، ولو أنني في الواقع علمت منه أكثر مما علمتني .

« ولابد من كلمة أضيفها عن هوايات رامانوجان الأخرى غير الرياضيات ، وكانت هذه بدورها مثل رياضياته

مزيجا من الأمور العجيبة . ولم يكن له أى اهتمام بالآداب أو الفنون ، ولو أنه كان يميز الأدب الجيد من الردى . ولكنه كان من جهة أخرى فيلسوفا متعمقا ، ويبدو لأنصار مدرسة كامبريدج الحديثة من النوع السديمى ، كما كان سياسيا متحمسا متطرفا فى حبه للسلام . وكان يتمسك بقواعد دينه بشدة غير معهودة فى الهنود المقيمين فى انجلترا . ولكن تمسكه بدينه كان من قبيل العادة أكثر منه عن ايمان مفكر ، واننى مازلت أتذكر جيدا قوله لى (مما أثار تعجبى) ان جميع الأديان تبدو له متساوية ومتكافئة الى حد بعيد . وكان يعجب بكل ما هو غريب سواء فى الأدب أو الفلسفة أو الرياضيات . . . وكان نباتيا بكل معنى الكلمة – مما سبب له كثيرا من المتاعب عندما مرض فيما بعد – وكان يطهو طعامه بنفسه طوال مدة اقامته فى كامبريدج ، ولم يكن يفعل ذلك الا بعد أن يخلع ملابسه ويلبس البيجاما . . . »

وفى ربيع عام ١٩١٧ ، بدا أن صحة رامانوجان ليست على ما يرام . وذهب الى أحد بيوت التمريض فى كامبريدج فى أوائل الصيف ولم يفادر السرير لفترة طويلة . بعد ذلك . ثم تنقل بين المصحات فى ويلز وماتلوك ولندن ولم تبدأ صحته فى التحسن الا فى خريف عام ١٩١٨ ، فعاد نشاطه . ولعل ما حفزه لذلك ، أنه انتخب عضوا بالجمعية الملكية ، وقد توصل فى ذلك الوقت الى أجمل نظرياته وأبدعها . ومما زاد فى تشجيعه انتخابه زميلا فى كلية ترينيتى . وعلى هذه الجمعيات العلمية الشهيرة أن تهنىء نفسها لأنها انتخبته لعضويتها قبل أن يموت .



وعاد رامانوجان الى الهند فى أوائل عام ١٩١٩ ، حيث
ملت فى العام التلى :-

وإذا أردنا أن نقدر طريقة رامانوجان وعمله وبحوثه
فى الرياضيات فليتنا أن نقتبس مرة أخرى من أقوال
هاردي :

« كثيرا ما كنت أسأل عما اذا كان لرامانوجان أى سر
خاص ؛ وعما اذا كانت وسائله تختلف نوعيا عن وسائل غيره
من علماء الرياضيات ؛ وعما اذا كان فى طريقة تفكيره شىء
من المثنوذة - أو آتا - لا أستطيع أن أجيب عن هذه الأسئلة
بثقة - أو تأكيد ، ولكنى لا أعتقد فى كل هذه الأشياء - ان
اعتقادى هو أن جميع الرياضيين يفكرون فى أعماقهم بنفس
الوسيلة والأسلوب ، وأن رامانوجان لم يكن شاذا فى هذا -
ولكن لا شك أن ذاكرته كانت غير عادية - كان فى امكانه
أن يتذكر الأرقام وما فيها من خواص بشكل غير عادى -
ولعل ميستر ليتلود هو الذى قال عنه : « لقد كان كل رقم
عجيب من أخلص أصدقائه » - واننى أذكر أننى ذهبت مرة
لعيادته فى أثناء مرضه فى بوتنى - وركبت سيارة أجرة رقم
١٧٤ ، وذكر لي له : أن هذا الرقم قد بدا لي قبيحا ، وأنتى
لأدجر ألا يكون هذا فالأ سيئا ؛ ولكنه أجاب : لا انه عند
طريقك ، وأنه أصغر عدد ممكن كحاصل جمع مكعبين . يظن يقتين
جميعا فنتين ، فى الحقيقة ، بطبيعة الحال عما اذا كان يعرف الجواب
للمثال : بالتمسية اللاميلها المرفوعة للأسس نظرايع ؛ وأجاب بيعد
برهة من التفكير أنه لا يرى اجابة واضحة لهذه المسألة ، وأنه
يعتقد أن مثل هذا العدد لا يوجد وأن يكون كبيرا جدا - لقد

كانت ذاكرته وقدرته على الحساب غير عادية ، الا أننا لا يمكننا أن نقول انها كانت « شاذة » . وكان اذا ضرب عددان كبيرين اتبع الطريقة العادية ، وكان فى امكانه أن يفعل ذلك بسرعة ودقة غير عاديتين ، الا أنه لم يكن فى ذلك أسرع أو أكثر دقة من أى رياضى يتميز بسرعة الحساب .

« أما ما يثير العجب حقا فهو تعمقه فى المعادلات الجبرية ، وتحويل المتسلسلات اللانهائية ، وما شابه ذلك . وفى مثل هذه الأمور لم أره مثيلا قط ، ولا يمكن مقارنته الا بأويلر أو جاكوبى . وكان يفوق رياضى العصر الحديث فى استخدام طريقة الاستنتاج بوساطة الأمثلة العددية ، حتى لقد كشف جميع خواص التطابق فى عمليات التجزئة ، مثلا ، بهذه الطريقة . وبالإضافة الى ذاكرته هذه وصبره وقدرته على الحساب ، كانت لديه القدرة على التعميم والاحساس بالشكل والقدرة على سرعة تعديل نظرياته وفروضه التى كانت فى الغالب مدهشة والتى جعلته فى أيامه دون نظير أو منافس فى فرع تخصصه .

« وكثيرا ما يقال ان الرياضيين يجدون صعوبة أكبر هذه الأيام فى البحث عن الموضوعات الأصلية بالمقارنة بالصعوبة التى كان يجدها الرياضيون فى الأيام العظيمة التى وضعت فيها أسس التحليل الحديث ، ولا شك أن هذا القول فيه شيء من الصحة . وقد تختلف الآراء بالنسبة لأعمال رامانوجان ، ونوع المقياس الذى تحكم به عليه ، وتأثير أعماله على الرياضيات فى المستقبل . ان هذه الأعمال لا تتسم ببساطة الأعمال العظيمة جدا ، وربما كانت أعظم لو أنها

كانت أقل غرابة • الا أن المزية التي تتصف بها والتي لا يمكن نكراتها هو أنها كانت أعمالا عميقة وأصيلة • وكان من الممكن أن يكون رياضيا أعظم مما كان لو أنه هذب وتعلم منذ الصغر ، الا أنه لو تعلم وتهذب منذ الصغر لما كان رامانوجان الذي كانه ، ولكان أقرب الى أى أستاذ أوروبى ، وربما كانت الخسارة فى هذه الحالة أكبر من المكسب » •

تعريف بالمؤلفين

١٠ برنارد كوهين

يشغل ١٠ برنارد كوهين منصب استاذ مساعد لتاريخ العلوم والتربية العلمية فى جامعة هارفارد ، تخرج فى كلية هارفارد عام ١٩٢٧ وظل يعمل بها منرسا لعلم الفيزياء على حين يستكمل دراساته فى تاريخ العلوم تحت اشراف المرحوم جورج سارتون ، وحصل على درجة الدكتوراه عام ١٩٤٧ ، وكالت الحرب وتدريب جنود البحرية وطلبة الجيش ، هما السبب فى هذا التأخير . ويعمل كوهين محررا لجلة خاصة بتاريخ العلوم هى مجلة « ايزيس » ، والف كتاب « العلم : خادم الانسان » ، وهو كتاب يعالج بشكل مقنع أهمية التعضيد المالى من جانب الرأى العلم للبحوث العلمية الهامة .

١٠ ن. دك . اندراد

ظل ١٠ ن. دك . اندراد يحتل - عدة مناصب - مركز استاذ علم الفيزياء فى جامعة لندن ، غير انه اشتهر أخيرا بدراساته الخاصة بتاريخ العلوم . ولد فى لندن عام ١٨٨٧ فى عائلة برتغالية الاصل . وعندما التحق بجامعة لندن بدأ فى دراسة تركيب المعادن ، وكشف ما يعرف اليوم بقانون اندراد الخاص يزحف المعادن . وحصل بعد ذلك على درجة الدكتوراه فى جامعة هيدلبرج وعمل فى معمل آرنست رذرفورد فى منشستر . وفى عام ١٩١٣ ، حصل على أول قياسات لطول موجات اشعة جاما - وقلم يخدمته العسكرية فى فرنسا خلال الحرب العالمية الأولى ، ثم قام بتدريس علم الفيزياء فى كلية الهندسة حتى عام ١٩٢٨ حين عين فى جامعة لندن . وتلقى اندراد كثيرا من التكال الكريمة ،

وصار منذ ١٩٥٣ عضوا فى الجمعية الملكية . وهو يمتلك مجموعة كبيرة من الكتب العلمية التى كتبت فى القرن السابع عشر ، هذا بالرغم من أن جزءا كبيرا من هذه المجموعة قد دمر أثناء غارات الالمان .

جيمس ر. نيومان

ولد جيمس ر. نيومان فى مدينة نيويورك عام ١٩٠٧ ، وأمرع فى دراساته للرياضيات فى كلية نيويورك ، وفى دراساته للقانون بمدرسة القانون بكونوميا ، وصار محاميا وهو لم يتجاوز الثانية والعشرين من عمره . غير انه لم يستقل مواهيه فى ممارسة المحاماة وأثر أن يستغلها ، بالاشتراك مع المرحوم أدوارد كلستر ، فى كتابة كتاب عنوانه « الرياضيات والتخيل » ، نشره سيمون وشوستر عام ١٩٤٠ ، ومازال يباع منه ٨٢ نسخة كل شهر ، وبلغ عدد النسخ المباعة منه ٤٢.٠٠٠ نسخة فى ١٤ طبعة . وشغل نيومان خلال الحرب عددا من المناصب المدنية الهامة فى وزارة الحرب وفى هيئة الانتاج الحربى وفى السفارة الأمريكية فى لندن . وكان نيومان من القلائ من غير المشتغلين بالعلم الذين لم يقلجوا بنجاح مشروع مائتان ، ومن ثم فإنه استطاع أن يلعب دورا فعلا كمستشار للجنة مجلس الشيوخ المختصة بالطاقة الذرية معضدا لتكوين لجنة مخنية للطاقة ومعارضها رأى المطللين بالإشراف العسكرى . وعندما تكونت مجلة « العالم الأمريكى » « الجيدة » فى مطلع عام ١٩٤٨ ، صار واحدا من هيئة تحريرها وأخذ على عاتقه توجيه القسم الخاص بعرض الكتب العلمية .

السير ادموند ويتاكر

ظل السير ادموند ويتاكر نشطا ومنتجا كعالم وباحث حتى مات عام ١٩٥٦ وقد بلغ الثالثة والثلاثين من عمره . انه لم يكن عالما رياضيا يلزمنا فحسب ، بل ظل طوال حياته العملية الطويلة محاطا بمجموعة رائعة من العلماء . درس الرياضيات في كمبريدج تحت اشراف ارثر كايلاي والمسير جورج ستوكس ، وعندما كان زميلا في كلية ترينيتي عمل مع ج. ه. هاردي وبيتراند رمل والمسير ج. ج. تومسون واللورد زينجورد . وعندما كان موظفا فنيا في الجمعية البريطانية لتطوير العلوم تعرف الى معالم الفيزياء النظرية البارزة في الفيزياء الحديثة . وكان من بين تلامذته خلال السنين الطويلة ج. ه. هاردي والسير جيمس جيفز والسير آرثر إلفنجتون و ج. ه. و. تورنبول والسير جيفز قبلور . وفي عام ١٩٠٦ عين ويتاكر الفلكي الملكي لبرلندا ، واحتل كرسى الفلك في جامعة لندن الذي كان يحلله ويليام هاملتون . وكان أبرز تلامذته هناك ايمون دي فاليرا الذي كان يبرز في الرياضيات . وعندما ترك ويتاكر إيرلندا ليحتل كرسى الرياضيات في جامعة أكسفورد ، كتب إليه دي فاليرا قائلا ان إحدى أماليه الكبيرة ان ينقل كتابي ويتاكر « المتكاملات الفلكية » و « التفاضل التفاضلي » الى اللغة الكتبية . وإلى جانب تطلعه ويتاكر في الرياضيات والفيزياء كان يطلع في ميادين الفلسفة والدين . كان كاثوليكيا وأولى اهتماما كبيرا إلى العلاقة بين العلم واللاهوت .

ميتشيل ويلسون

ميتشيل ويلسون روائي وعالم في الفيزياء . وكان في وقت ما يلحنا في الصناعة . وقد اوجد لنفسه اسما كأحد الكتبة المخيلين ،

القلائل في مجالات العلوم والتكنولوجيا . ولد في مدينة نيويورك عام ١٩١٣ ، وجذبه الآداب والعلوم على حد سواء عندما كان يدرس بجامعة نيريورك وكولومبيا . وبالميزان في بعض الأحيان الى جانب العلوم يفضل أحد أسلذة الفيزياء . وقد تخرج ويلسون فعلا على يد ١٠١ رايي واشغل مساعدا لآتريكو فيرمي في بحوثه عن الميزونات . وفي عام ١٩٤٠ التحق بهيئة بحوث شركة الكريون الكولومبية ، أجرى بحثا على الاقدام الرقيقة والتسخين بالذبيات العالية . وحاول طوال هذا الوقت ان يصبح كتابا ، وباع قصته الأولى لدار كوزموپوليتان علم ١٩٣٩ . ثم كتب عدة روايات من النوع الذي يظف عليه طابع الغموض . وفي عام ١٩٤٤ كان عليه ان يختار أحد الطريقتين : البحث العلمي او الكتبية . وكان أول نتاجه في الطريق الأخير « عش مع البرق » وهي رواية حصلت على تأييد النقد باعتبارها القصة التي تروى كيف يصبح المرء عالما فيزيائيا في العصر الحالي .

دنيس دوفين

دنيس دوفين هو رئيس شركة للمصابون ، وهو كيميائي ، ولد في لندن عام ١٩١٠ ، وتخرج في جامعة اكسفورد عام ١٩٢٩ ، وأجرى بحثا في الكيمياء الضوئية بالكوليج دي فرايس . وجاء الى الولايات المتحدة عام ١٩٤٨ بعد ان كان يعمل مساعدا فنيا لمدير أحد مصانع المفرطات التي تديرها وزارة التموين البريطانية . شغف بدراسة تاريخ الكيمياء ، وتوجد الآن بجامعة ويسكونسن مجموعة من البحوث الكيميائية القديمة وكيمياء تحويل المعادن الى ذهب ، جمعها دوفين ، ولعلها أكبر مجموعة من المطبوعات والمخطوطات التي تعرض أعمال لافوازييه وبحوثه . وقد اشترك أخيرا مع آخرين في

لورين ك. ايزلى

يعمل لورين ك. ايزلى رئيسا لمسح الانثروبولوجيا (علم الانسان) بجامعه بنسلفانيا ، ومقرها على القسم الخاص بالانسان القديم بمتحف الجامعة . ولد ايزلى عام ١٩٠٧ بمدينة لوكولن بنسلكا . وامتضى دراسته الجامعية فى جامعة نيراسكا ، ثم حصل على درجة الدكتوراه فى جامعة بنسلفانيا . وكان تخصصه فى ميدان علم الانسان هو الدراسات الحفرية للانسان فى العالم الجديد . وقام ببحوث واسعة على الطبيعة فى الجزء الغربى من الولايات المتحدة وفى المكسيك . ويعتبر ايزلى من الكتاب الذين يتسمون بالعمق ، سواء فى فرع تخصصه او خارج ذلك الفرع . كان احد محررى مجلة « علم الانسان اليوم » . وظهرت له قصص قصيرة ولهايك فى مجلات شعبية . واليوم يقوم ايزلى ، بناء على تكليف من الجمعية الفلسفية الامريكية ، بكتابة تاريخ حياة دارون ، وذلك لى ينشر بمناسبة الاحتفال بمرور مائة عام على اصدار كتاب « اصل الانواع » فى عام ١٩٥٩ . ويهدف هذا المشروع الى تجميع المراسلات التى تمت بين دارون والسير تشارلز ليل ، تلك المراسلات التى نتجت عنها الجمعية الفلسفية . ويقوم ايزلى ، الى جانب ذلك ، بكتابة كتاب عن تاريخ الفكر التطورى لينشر فى احدى المجموعات العلمية .

جيرى كونورسكى

فى عام ١٩٣٧ نشر بالوف كتبه العظيم عن الانعكاسات الشريطية ، وفى نفس هذا العام كان جيرى كونورسكى طالبا فى جامعة وارسو . وقرا كونورسكى الكتاب وتاثر به لدرجة انه قرر ان يكرس مواهبه للعمل فى هذا الميدان الجديد الذى فتحه بالوف . وسرعان ما اترك ان بالوف لم

نشر مجموعة كاملة لكتابات عالم الكيمياء العظيم . اما هوايته غير العلمية فهى صيد السمك الكبير .

هربرت كوندو

ولد هربرت كوندو ، عضو هيئة البحوث فى موسوعة الشعب الامريكية ، حيث يدرس تاريخ الفيزياء فى مدينة نيويورك عام ١٩٢٤ ، ودرس فى جامعة فلوريدا ، وحصل على شهادة الماجستير فى تاريخ الحضارات عام ١٩٥١ فى شيكاغو . وفى اثناء الحرب اشتغل فيها فى الرادار ، كما درس الفيزياء والرياضيات فى معهد البنىو للتكنولوجيا . وهو يتخذ من الالكترونيات هواية له . وتعلم قراءة الفرنسية والاسبانية والالمانية والسلمسكريتية . وجاءت دراساته لحياة فاراداي نتيجة لبحوله فى تاريخ النظرية النسبية .

فرديك ج. كيلجور

ولد فرديك ج. كيلجور بمدينة سبرنجفيلد بولاية ماساشوسيتس فى عام ١٩١٤ . وبعد حصوله على شهادة فى كلية هارفارد عام ١٩٣٥ ، انضم الى موظفى المكتبة بالكلية . وظل يعمل هناك حتى عام ١٩٤٢ ، عندما جند فى الحرب واحتل وظيفة ضابط مخابرات فى مكتب الخدمات الاستراتيجية . واعفى من الخدمة العسكرية عام ١٩٤٥ بعد ان حصل على وسام التميز . ثم احتل مركز نائب مدير مكتب جمع الاخبار ونشرها . وفى عام ١٩٤٨ عاد الى حياته الاكاديمية بجامعة ييل حيث احتل وظيفته فى المكتبة الطبية ، وحيث يلقى محاضرات فى تاريخ العلم ويشرف على تحرير مجلة ييل الخاصة بالبيولوجيا والطب .

الدكتوراه عام ١٩٤٠ • وعندما أعلنت الحرب العالمية الثانية ترك موريسون منصبه كمدرس في جامعة إلينوى لكي يلتحق بعمل أبحاث المعادن بجامعة شيكاغو ، ثم أصبح فيما بعد رئيسا لمجموعة من البحوث في معمل لوس الاموس بمقاطعة مانهاتن • وكان أحد أعضاء فريق الفيزيائيين الذين أشرفوا على المرحلة الأخيرة من العملية التاريخية التي حدثت بجزر ماريانوس ، كما كان أحد الأوائل اثنين نزلوا لدراسة آثارها وعواقبها في اليبالين • وسرح من الخدمة عام ١٩٤٦ حيث التحق بعمله الحالي في كورنيل • وهناك اختلقت أوجه نشاطه فكان منها دراسة تغذية الأشعة الكونية ، ونظرية التركيب النووي ، وإجراء تجارب لا أمل كبير يرجى منها على طبيعة انتقال الاستعلامات في الخلايا • أما اميلي موريسون فقد تخرجت كذلك في معهد كارنيجي للتكنولوجيا ، وهي مساعدة لزوجها في تبسيط العلوم ، وهما يشتركان في الاهتمام بهذا الموضوع •

وارين ويفر

وارين ويفر هو نائب رئيس قسم العلوم الطبيعية والطبية بمؤسسة روكفلر ومدير قسم العلوم الطبيعية والزراعية بها • ويعتبر هذا العمل طريقه الحلال الذي شق في الحياة فقد كان أولا عالما في الرياضيات بجامعة ويسكونسن ، حيث عمل استاذًا ورئيسًا لقسم الرياضيات بها حتى عام ١٩٣٢ • وعندما التحق بمؤسسة روكفلر ، أعلن ويفر أن هدفه

ياخذ في اعتباره ما يسمى بالحركات الارادية ، وأن هذه الحركات لا يمكن تفسيرها على اساس الانعكاس الشرطي الكلاسيكي • ووضع كونورسكى ، مع زميله س. ميلر ، برنامجا للبحث ادى بهما الى فكرة « النوع اللاتنى » من الشرطية او الشرطية « الآلية » • ولغت نشاطهما انظار بلطوف قامضيا عدة سنين يعملان معه في معمله بلينتجراد • وعندما عاد كونورسكى الى وارسو عام ١٩٣٣ أشرف على تنظيم معهد ليتكى للبيولوجيا التجريبية ، وظل يقوم ببحوثه في ذلك المعهد حتى لمرت المنيعة عند هجوم الالمان عام ١٩٣٩ • وعندما تفقر الالمان قلم كونورسكى وزملاؤه ببعث الحياة في معدهم في مدينة لودز أولا ، ثم في مدينة وارسو • وعندما نشر كونورسكى كتابه « الانعكاسات الشرطية والتنظيم العصبي » عام ١٩٤٨ تعرض لهجوم عنيف من جانب البلطوفيين المتعصبين • ويعرض هذا الكتاب اسلوب كونورسكى لتحديد المدلول الوظيفي للاجزاء المختلفة من القشرة المخية عن طريق استخدام الافعال المنعكسة الشرطية • ومازال كونورسكى يواصل بحوثه في نفس الطريق حتى اليوم •

فيليب واميلي موريسون

فيليب موريسون استاذ مساعد لعلوم الفيزياء في جامعة كورنيل • تخرج في معهد كارنيجي للتكنولوجيا عام ١٩٣٦ ثم درس الفيزياء النظرية على يد روبرت اوينهايمر في جامعة كاليفورنيا ، حيث حصل على شهادة

تعريف المؤلفين

عدد من الهيئات والمعاهد التي لم يكن من السهل اثارتها مثل الاتحاد الأمريكي للتقدم العلوم والأكاديمية القومية للعلوم ، وجعلها تفتترك بنشاط في تنمية وعى الرأى العام بالعلم والدفاع عن حرية العلم • ولديه فى منزله بنيو مليفورد اكبر مجموعة خاصة من مؤلفات لويس كلرول ، وتحتوى هذه المجموعة على مخطوطات رياضية وكذلك على طبعات كثيرة من « مغامرات اليس فى بلاد العجائب » الى « من خلال العين العسرية » •

فى توجيه موارد المؤسسة سيكون نحو زيادۃ الاهتمام بعلوم الحياة وعلم النفس ، ثم تلك التطورات الخاصة فى الرياضيات والفيزياء والكيمياء التى لها فى حد ذاتها اهمية بالنسبة لعلم الحياة • • ويعود كثير من الفضل فى تقدم والتعاض العلم الأمريكى فى هذه الفروع الى هذه السياسة التى رسمها ويفر • ولما كان ويفر رجلا مليئا بالحيوية لا يعرف الكلل فقد جعل الشئون العامة للعلم محل اهتمامه الخاص ، وامكنه ان يثير اهتمام

مخطو من هذه السلسلة

أولاً: الموسوعات والمعالج

ليونارد كوتزل، الموسوعة الأثرية العالمية
وليم بيتر، معجم التكنولوجيا الحيوية
و.د. هاملتون وآخرون، المعجم الجيولوجي
ج. كارفل، تبسيط المفاهيم الهندسية
ب. كوبلان، الأساطير الإغريقية والرومانية

ثانياً: الدراسات الاستراتيجية وقضايا العصر

د. محمد نعمان جلال، حركة علم الانحياز في عالم
متغير
أريك موريس، الآن هو، الإرهاب
ممدوح عطية، الواقع النووي الإسرائيلي
أررا. لوجل، المعجزة اليابانية (٢ ج)
د. السيد نصر الدين، إطلاعات على الزمن
الآتي

بول هاريسون، العالم الثالث غداً
مجموعة من العلماء، مبادرة الدفاع
الاستراتيجي: حرب الفضاء

و. مونتجمري وآت، الإسلام والمسيحية في العالم
المعاصر

بادي آوييمود، أفريقيا الطريق الآخر
فاس بكارد، إنهم يصنعون البشر (٢ ج)
مارتن فان كرفلد، حرب المستقبل
الفين توفلر، تحول السلطة (٢ ج)

ممدوح حامد عطية، إنهم يقتلون البيئة

السيد أمين خلي، جورج كيان

يوسف شرارة، مشكلات القرن الحادي
والعشرين والعلاقات الدولية

د. السيد عليو، إدارة الصراعات الدولية

د. السيد عليو، صنع القرار السياسي

جرج كاهان، لماذا تشب الحروب (٢ ج)

ليمانيل هيمان، الأصولية اليهودية

٣

ثالثاً: الاقتصاد

نورمان كلاوك، الاقتصاد السياسي للعلم
والتكنولوجيا

سامي عبد المطلب، التخطيط السباحي في مصر

جابر الجزار، ما ستريكت والاقتصاد المصري

ميكايل اللي، الانقراض الكبير

ولت وجمنا روسو، حوار حول التنمية

الاقتصادية

فيكتور مورجان، تاريخ النقود

رابعاً: العلوم والتكنولوجيا

فريد ميرسح، الجزء والكل محاورات في

مضمار الفيزياء النووية

فريد هول، البلور الكورية

ويليام بيتر، الهندسة الوراثية للجميع

جوهان دورشر، الحياة في الكون كيف نشأت

وأين توجد

اسحق عظيموف، الشمس المتفجرة (أسرار

مصر (ج ٢)

روز اليوم؛ الطفل المصري القديم

ج. و. بيكرسون، الموالد في مصر

جون لويس بوركهات، العادات والتقاليد

المصرية من الأمثال الشعبية

سوزان راتب، حشمتوت

مرحيت مري، مصر ومجملها القابر

أولج فولكوف، القاهرة مدينة الألف ليلة وليلة

د. محمد أنور شكرى، الفن المصري القديم

ج. جيمز، الحياة أيام الفراغة

لورد كرومر، الثورة العربية

إيفان كونج، السحر والسحرة

سادساً: الكلاسيكيات

جاليليو جاليلي، حوار حول النظامين الرئيسيين

للكون (ج ٣)

وليم مارسدن، رحلات ماركو بولو (ج ٣)

أبو الفتح الفردوسي، الشاهنامة (ج ٢)

أدوارد جيبون، اضمحلال الإمبراطورية الرومانية

وسقوطها

ناصر خسرو علوي، سفر نامه

فيليب عطية، تراجم زرادشت

سابعاً: الفن التشكيلي والموسيقى

عزيز الشوان، الموسيقى تعبير لغوي ومنطق

ألوي جراتير، موتسارت

شوكت الريبي، الفن التشكيلي المعاصر في

الوطن العربي

ليوناردو دافنشي، نظرية التصوير

د. غريبال وهبه، أثر الكوميديا الإلهية لنانقي في

الفن التشكيلي

روين جورج كولتشرود، مبادئ الفن

مارتن جلك، يوهان سميتان باخ

ميخائيل ستيجمان، ميخائيل

هيربرت ريد، القرية عن طريق الفن

أدمز فليب، دليل تنظيم المحاف

حسام الدين زكريا، الطون بروكو

جيمس جير، العلم والموسيقى

هوجولا بيسرير، الموسيقى والحضارة

عمد كمال إسماعيل، التحليل والتوزيع

الأوركسترا

صالح رضا، ملامح وقضايا في الفن التشكيلي

المعاصر

أدموندو سوليمي، ليوناردو

ثامناً: حضارات عالمية

جاكوب برونوفسكي، التطور الحضاري للإستان

س. م. بورا، التجربة اليونانية

جوستاف جرونباوم، حضارة الإسلام

د. جرن، الحفويون

ل. ديلايوت، بلاد ما بين النهرين

ج. كوتسو، الحضارة الفينيقية

آدم متر، الحضارة الإسلامية

جوزيف بند هام، تاريخ العلم والحضارة في الصين

ستيفن رينسيان، الحضارة البيزنطية

سبتيو موسكاتي، الحضارات السامية

تاسعاً: التاريخ

ت.و. فريدر. الجغرافيا في مائة عام

ليسترديل راي، الأرض الغامضة

رحلة جوزيف بتس (الحاج يوسف)

اميليا ادواردز، رحلة الألف ميل

رحلات فارتوما (الحاج يونس المصري)

رحلة بيوتون إلى مصر والحجاز (٣ ج)

رحلة عبد اللطيف البهادري

رحلة الأمير رودلف إلى الشرق (٣ ج)

يوميات رحلة فاسكو داجاما

س. هوارد، أشهر الرحلات في غرب أفريقيا

إريك أكسيلون، أشهر الرحلات في جنوب أفريقيا

حادي عشر الفلسفة وعلم النفس

جون بورر، الفلسفة وقضايا العصر (٣ ج)

سوندراي، الفلسفة الجوهرية

جون لويج، الإنسان ذلك الكائن الغريب

سدي هوك، التراث الغامض: ماركس والماركسيون

إيفري شاترمان، كوننا المتعدد

ادوارد ديويونو، التفكير المتجدد

رونالد طفيد لانج، الحكمة والجنون والحماقة

توماس هاريس التوافق النفسي: تحليل المعاملات

د. أنور عبد الملك، الشارع المصري والفكر

نيكولاس ماير، شارلوك هولمز يقابل فرويد

أنطوني دي كرسبي، أعلام الفلسفة المعاصرة

جين وروبرت هاندلي، كيف تتخلصين من القلق؟

هـ.ج. كريل، الفكر الصفي

لوحيست دينين، أطلاطون

د. السيد نصر الدين، الحقيقة الرمادية

جوزيف داموس، سبع معارك فاصلة في العصور

الوسطى

هنري برين، تاريخ أوروبا في العصور الوسطى

أرنولد تويني، الفكر التاريخي عند الإغريق

بول كركر، الضمانيون في أوروبا

جونثان ريلي سميت، الحملة الصليبية الأولى

وفكرة الحروب الصليبية

د. ركيات أحمد، محمد واليهود

ستيفن لوزمنت، التاريخ من حق جوانه (٣ ج) و

بارتولد، تاريخ الترك في آسيا الوسطى،

فلاديمير تيسمانيتس، تاريخ أوروبا الشرقية

الوث حوران، تاريخ الشعوب العربية (٢ ج)

نويل مالكوم، البوسنة

جاري ب. ناث، الأحمر والبني والأسود

أحمد فريد رفاعي، عصر المأمون (٢ ج)

آرثر كينستر، القبيلة الثالثة عشر ويهود اليوم

ناجاي تيسو، الثورة الإصلاحية في اليابان

محمد فؤاد كوريلى، قيام الدولة العثمانية

د. إبرار كريم الله من هم التاريخ

صعيلان رانسيما، الحملات الصليبية

لبنان. ويد جري، التاريخ وكيف يفسرناه (٢ ج)

جوسيب دي لونا، موسوليني

جوردون تشيلك، تقدم الإنسانية

هـ.ج. ولز، معالم تاريخ الإنسانية (٤ ج)

يوهان هوزنجا، اضمحلال العصور الوسطى

هـ.ج. ولز، موجز تاريخ العالم

عاشرًا: الجغرافيا والرحلات

برتراند راسل، السلطة والفرد

مارجريت روز، ما بعد الحداثة

كارل بوبر، بحث عن عالم الفضل

ريتشارد شاميت، رواد الفلسفة الحديثة

جوزيف داموس، سبعة مؤرخين في العصور

الوسطى

د. روجر سترومان، هل نستطيع تعليم الأخلاق

للأطفال

إريك برن، الطب النفسي والتحليل النفسي

يهرتون بورتر، الحياة الكريمة (٢ ج)

فرانكلين ل. باومر، الفكر الأوربي الحديث (٤ ج)

هنري برجسون، الضحك

أولمت كاسور، في المعرفة التاريخية

يعقوب قام، البراجماتية

ثالث عشر: المسرح

لويس فارجلان، المرشد إلى فن المسرح

برونو ماشينسكي، حفلة مانيكان

جلال العشري، فكرة المسرح

جان بول سارتر، جورج برناردشو، جان أنوي

مختارات من المسرح العالمي

د. عبد المعطي شعراوي، المسرح المصري المعاصر

أصله وبدايته

توماس ليهارت، فن المايم والياتومام

زيجمونت هيز، جماليات فن الإخراج

يوجين يونسكو، الأعمال الكاملة (٢ ج)

رابع عشر: الطب والصحة

بوريس فيلوروفيتش سرجيفنه وظائف الأعضاء

من الألف إلى الياء

د. جون شندلر، كيف تعيش ٣٦٥ يوما في الجنة

د. ناعوم بيتروفيتش، البنجل والطب

م. هـ. كنج، التغذية في البلدان النامية

خامس عشر: الآداب واللغة

برتراند رسل، بإحلام الأخلام وقصص أخرى

أليس هكسلي، نقطة مقابل نقطة

حول ويست، الرواية الحديثة : الإنجليزية

والفرنسية

أنور المعدلوي، علي محمود طه: الشاعر والإيمان

جوزيف كونراد، مختارات من الأدب القصصي

ثاني عشر: العلوم الاجتماعية

د. محي الدين أحمد حسين، التشبث الأسرية والأبناء

الصغار

م. وترنج، ضمير المهتمس

رالف والد ليامز، الثقافة والجمجم

روى روبرتسون، المهرولين والإيلز

بيتر لوروي، المخدرات حقائق نفسية

ليوبو سكاليا، الحب

برنسلو مالتيفسكي، السحر والعلم والدين

بيتر رادي، الخدمة الاجتماعية والانضباط

الاجتماعي

بيل جيرهارت، تعليم المواقين

ارنولد جول، الطفل من الخامسة إلى العاشرة

رونالد د. سمبسون، المعلم والطالب والمدارس

تاجور شين بن بنج وآخرون، مختارات من الآداب
الآسيوية

عمود قاسم، الأدب العربي المكتوب بالفرنسية
مختارات من الشعر الأسباني: في

جابريل جارسيا ماركيز، الجنرال في الماتة
سوريبال عبد الملك، حديث النهر

د. رمسيس عوض، الأدب الروسي قبل الثورة -
البلشفية وبعدها

مختارات من الأدب الياباني: الشعر - الدراما
الحكاية قصة القصيدة

ديفيد بشنلر، نظرية الأدب المعاصر
نادين جورديمر وآخرون، سقوط المطر وقصص
أخرى

رالف في مانلو، تولستوي

والتر آلن، الرواية الإنجليزية

هادي نعمان الحيق، أدب الأطفال

مالكوم برايدري، الرواية اليوم

لوريتو تود، مدخل إلى علم اللغة

إفروز ليفانز، موجز تاريخ الدراما الإنجليزية

ج. س. فريزر، الكاتب الحديث وعالمه (٢ ج)

جورج ستاينر، بين تولستوي ودمسيفسكي (٢ ج)

ديلان توملس، مجموعة مقالات نقدية

فيكتور برومير، مستندال

فيكتور هوجو، رسائل وأحاديث من المنفى

ياتكو لافرين، الرومانتيكية والواقعية

د. نعمة رحيم الغولوي، أحمد حسن الزيات كاتباً
ونقاداً

ف. برميلوف، دمسيفسكي

بلحة الترجمة بالجلس الأعلى للثقافة، الدليل

الهيلوجرافيا

محسن حاسم الموسوي، عصر الرواية : مقال م
النوع الأدبي

هنري باربوس، المحجيم

ميجل دي ليس، الفتران

روبرت سكولز وآخرون، آفاق أدب الخيال

العلمي

ياتيس ريتسوس، الميحد (مختارات شعرية)

إفروز ليفانز، مجمل تاريخ الأدب الإنجليزي

فخري أبوز السعود، في الأدب المقارن

سليمان مظهر، أساطير من الشرق

صفاء خلوصي، فن الترجمة

ف. ع. أدنكوف، فن الأدب الروائي عند

تولستوي

سابع عشر: الإعلام

فرانسيس ج. برجون، الإعلام التطبيقي

بيير اليو، الصحافة

هربرت شيلر، الاتصال والميمنة الثقافية

سابع عشر: السينما

هاشم النحاس، الهوية القومية في السينما

ج. دادل، نظريات الفيلم الكروي

روى آرمز، لغة الصورة في السينما المعاصرة

هاشم النحاس، صلاح أبو سيف (محاورات)

جان لويس بوري وآخرون، في النقد السينمائي

الفرنسي

عمود سابي عطا الله، الفيلم التسجيلي

ستانلي جيه سولومون، أنواع الفيلم الأمريكي

توفى بار، التمثيل للسينما والتلفزيون

يتر نيكولز، السينما الخيالية

بول وارن، خفايا نظام النجم الأمريكي

دافيد كوك، تاريخ السينما الرواية

جوزيف وهاري فيلمان، دينامية الفيلم

للدري حنين، الإنسان المصري على الشاشة

موقى براح، السينما العربية من الخليج إلى المحيط

حسين حلمي المهندس، دراما الشاشة: بين النظرية

والتطبيق للسينما والتلفزيون (٢ ج)

إدوارد يري، عن النقد السينمائي الأمريكي

جوزيف م. يوجر، فن الفرجة على الأفلام

سعيد شيمي، التصوير السينمائي تحت الماء

دوليت سوين، كتابة السيناريو للسينما

هافسم النحاس، لمجيء محفوظ على الشاشة

يوجين فال، فن كتابة السيناريو

دانييل ارغنون، قواعد اللغة السينمائية

كريستيان ساليه، السيناريو في السينما الفرنسية

— آلان كاسيار، التلويح السينمائي

ثامن عشر: كتب غيرت الفكر

الإنساني

سلسلة للتخييص التراث الفكري الإنساني

في صورة عروض موجزة لأهم للكتب

التي ساهمت في تشكيل الفكر الإنساني

وتطوره مصحوبة بترجمات لمؤلفيها وقد

صدر منها ٩ أجزاء.

مما يؤسف له أن تاريخ العلم جانب مُهمَل من التاريخ، رغم أن أثره على حياتنا اليومية واضح لا مرأى فيه، ورغم أن دراسة تاريخ العلوم تلقى ضوءاً هاماً على ماضى الإنسان بأبعاده السياسية والاقتصادية والثقافية والحربية وما إلى ذلك. ولعل السر في ذلك عزوف العلماء الذين يكرسون حياتهم لخدمة العلم عن طلب الشهرة، وإيثارهم حياة العزلة، ضناً بوقتهم على أن يبدؤوه فيما لا ينفع ولا يفيد غايات البحث العلمى. وهذا الكتاب يسعى إلى سد هذه الثغرة، حيث يعرض لنا حياة ١٨ رجلاً من هؤلاء العلماء الأفاضل الذين ساهم كل منهم بمكتشفاته فى صنع الحاضر، ومنهم جاليليو ولا بلاس وهاملتون وفرانكلين ولا فوازييه وهارفى وبافلوف وغيرهم ممن لا تزال نظرياتهم تدرس فى الجامعات والمدارس، وهم، وإن كانوا قد رحلوا عنا بأجسادهم، إلا أن وجودهم مازال مؤثراً بيننا، حيث يتجسد فى النظام الصناعى الذى يحيط بنا وتلعب أفكارهم دورها داخل أدمغتنا، ونحن نصور لأنفسنا ذلك نحياء فيه وموضعنا منه وفق مكتشفاتهم ومبتكراتهم.